

SÉRIE A., N° 1005
N° D'ORDRE
1840

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Paul GILLOT

CHEF DE TRAVAUX PRATIQUES

A LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE NANCY

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES
SUR LE GENRE MERCURIALIS L.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 9 avril 1925, devant la Commission d'examen

MM. G. BERTRAND..... *Président.*

L. JOLEAUD.....

R. COMBES..... } *Examineurs.*

NANCY

IMPRIMERIE M. COLIN, 11, RUE DES QUATRE-ÉGLISES

1925



Digitized by the Internet Archive
in 2026

SÉRIE A., N° 1005

N° D'ORDRE

1840

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Paul GILLOT

CHEF DE TRAVAUX PRATIQUES

A LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE NANCY

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES
SUR LE GENRE MERCURIALIS L.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le *2* avril 1925, devant la Commission d'examen

MM. G. BERTRAND.....	..	<i>Président.</i>
L. JOLEAUD.....	}	<i>Examineurs.</i>
R. COMBES.....		

NANCY

IMPRIMERIE M. COLIN, 44, RUE DES QUATRE-ÉGLISES

1925

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen M. MOLLIARD, *Professeur*. Physiologie végétale.

Doyen honoraire P. APPELL.

Professeurs honoraires } P. PUISEUX.
C. VÉLAIN.
V. BOUSSINESQ.
A. HALLER.
A. JOANNIS.



Professeurs	Émile PICARD	Analyse supérieure et algèbre supérieure.
	G. KENIGS	Mécanique physique et expérimentale.
	E. GOURSAT	Calcul différentiel et calcul intégral.
	P. JANET	Electrotechnique générale.
	F. WALLERANT	Minéralogie.
	H. ANDOYER	Astronomie.
	P. PAINLEVÉ	Mécanique analytique et mécanique céleste.
	E. HAUG	Géologie.
	H. LE CHATELIER	Chimie générale.
	Gabriel BERTRAND	Chimie biologique.
	M ^{me} P. CURIE	Physique générale et radioactivité.
	M. CAULLERY	Zoologie (Évolution des êtres organisés).
	C. CHABRIÉ	Chimie appliquée.
	G. URBAIN	Chimie minérale.
	Émile BOREL	Calcul des probabilités et Physique mathématique.
	L. MARCHIS	Aviation.
	Jean PERRIN	Chimie physique.
	H. ABRAHAM	Physique.
	E. CARTAN	Géométrie supérieure.
	L. LAPICQUE	Physiologie.
	L. GENTIL	Géographie physique.
	E. VESSIOT	Théorie des groupes et calcul des variations.
	A. COTTON	Physique générale.
	J. DRACH	Application de l'analyse à la géométrie.
	Charles FABRY	Physique.
Charles PÉREZ	Zoologie.	
A. LEDUC	Physique théorique et physique céleste.	
Léon BERTRAND	Géologie appliquée et géologie régionale.	
R. LESPIEAU	Théories chimiques.	
E. RABAUD	Biologie expérimentale.	
P. PORTIER	Physiologie comparée.	
P.-A. DANGEARD	Botanique.	
C. MAURAIN	Physique du globe.	
P. MONTEL	Mathématiques générales.	
P. WINTREBERT	Anatomie et histologie comparées.	
O. DUBOSCQ	Biologie maritime.	
É. BLAISE	Chimie organique.	
M. TIFFENEAU	Chimie (Enseignement P. C. N.).	
N	Mécanique rationnelle.	

E. HÉROUARD	Zoologie.
Rémy PERRIER	Zoologie (Enseignement P. C. N.).
G. SAGNAC	Physique théorique et physique céleste.
E. PÉCHARD	Chimie (Enseignement P. C. N.).
V. AUGER	Chimie analytique.
M. GUICHARD	Chimie minérale.
A. GUILLET	Physique.
G. JULIA	Mathématiques générales.
C. MAUGUIN	Minéralogie.
L. BLARINGHEM	Botanique.
A. MICHEL-LÉVY	Pétrographie.

Secrétaire..... DANIEL TOMBECK.

A MONSIEUR GRÉLOT,

Professeur à l'Université de Nancy

Hommage de profonde gratitude.

A MES PARENTS

Témoignage d'affection et de reconnaissance.

A MA FEMME ET A MA FILLE

PRÉFACE

Ce travail était en bonne voie de réalisation lorsque la guerre vint l'interrompre et, quand la démobilisation me permit d'en reprendre le cours, je rencontrai de nombreuses difficultés.

Le laboratoire de Pharmacie galénique de l'Université de Nancy, où j'avais commencé mes recherches, avait été fort endommagé par les bombardements, qui avaient détruit une grande partie de son matériel scientifique. Presque tous les matériaux que j'y avais amassés péniblement, pendant les années 1913 et 1914, avaient disparu. Enfin, la Bibliothèque universitaire, incendiée, se trouvait pratiquement anéantie.

Toutes ces complications m'ont empêché de remplir le programme que je m'étais primitivement tracé. Mon but était, en effet, d'étudier les graines oléagineuses des Euphorbiacées indigènes, sur lesquelles on ne possédait qu'un très petit nombre d'observations.

Devant l'impossibilité de mener à bonne fin le vaste sujet que j'avais abordé, j'ai dû en sacrifier, momentanément, la plus grande partie et me borner à l'étude des graines des trois Mercuriales indigènes.

Très vite, le mode de vie de ces plantes m'apparut intéressant, si bien que je me suis attaché à étudier, parallèlement, leur chimisme et leur biologie.

En dehors de l'introduction, qui se résume en une énumération des travaux antérieurs relatifs au genre *Mercurialis*, ce mémoire est divisé en trois parties distinctes :

La première est consacrée à l'analyse chimique des graines ;

La deuxième concerne la germination et le développement des trois espèces.

Enfin, la troisième est réservée à leur étude biochimique,

Avant de commencer l'exposé de cette étude, poursuivie à la Faculté de Pharmacie de Nancy, je me fais un devoir de remercier tous ceux qui m'ont aidé à la mener à bien.

Je tiens à exprimer ma gratitude à M. GRÉLOT, professeur de Pharmacie galénique, qui m'a donné le sujet initial de cette thèse et a orienté mes premiers travaux. Je ne saurais non plus trop remercier M. SEYOT, professeur de Botanique, du concours précieux qu'il n'a cessé de m'apporter au cours de mes recherches. Enfin, je prie M. PASTUREAU, professeur de Pharmacie chimique, qui ne m'a pas ménagé ses conseils judicieux, d'accepter l'expression de ma profonde reconnaissance.

INTRODUCTION

Au cours de mon étude sur les Mercuriales, j'ai pu me rendre compte de l'insuffisance des recueils bibliographiques et de l'intérêt qu'il y aurait pour le chercheur à trouver, dans tout travail concernant une plante donnée, une liste aussi complète que possible des auteurs qui l'ont étudiée.

J'ai donc cru utile, tout en passant sous silence les nombreux travaux relatifs à la description des espèces, ainsi que les multiples documents concernant les propriétés physiologiques et thérapeutiques des Mercuriales, de mentionner brièvement, au début de ce mémoire, les recherches qui se rapportent à leur étude botanique et chimique.

On trouvera ci-après, classés par nature et par ordre alphabétique des noms d'auteurs, non seulement les travaux qui concernent directement le genre *Mercurialis*, mais encore ceux dans lesquels les Mercuriales ont été étudiées accessoirement.

Bien que cette bibliographie soit incomplète, elle permet de se rendre compte que le genre *Mercurialis* a été l'objet d'un grand nombre de recherches.

En dehors de l'étude de BAILLON et du mémoire de GAUCHER, qui intéressent les Euphorbiacées en général, la thèse de FRUCTUS est le seul travail d'ensemble qui ait été publié sur les Mercuriales.

Par contre, les organes végétatifs ont fait l'objet de nombreuses publications, tant au point de vue anatomique qu'au point de vue chimique et physiologique.

D'autre part, peu de genres ont autant retenu l'attention des biologistes, et la question de la sexualité a suscité, notamment, un grand nombre de recherches et de controverses.

Mais, en dépit des nombreux travaux publiés, il existe encore d'importantes lacunes :

Très peu d'observations ont porté sur les graines, et leur étude chimique semble avoir été laissée de côté. Presque rien n'a été fait concernant la germination et le développement des Mercuriales.

C'est dans le but de combler, en partie, quelques-unes de ces lacunes, que j'ai étudié *la composition chimique des graines des Mercuriales indigènes, la biologie de ces plantes et le métabolisme de leurs substances glucidiques.*

Table des Travaux antérieurs

concernant l'étude botanique et chimique des Mercuriales

Anatomie et Morphologie

1. J. D'ARBAUMONT. — Nouvelle contribution à l'étude des corps chlorophylliens (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (9), ix, p. 199, 203, 1909).
2. H. BAILLON. — Recherches sur l'organisation des Euphorbiacées (*Th. Doct. Sc.*, p. 75, 76, etc., Paris, 1858).
3. P. BECQUEREL. — La théorie du mériphyte devant les phénomènes de l'ontogénie vasculaire (*C. R. Ac. Sc.*, CLXXV, p. 233, 234, 1922).
4. L. BEILLE. — Recherches sur le développement floral des Disciflores (*Th. Doct. Sc. nat.*, p. 46-50, Paris, 1902).
5. G. BONNIER. — *Cours de Botanique (Phanérogames)*, p. 153-175, 235, Paris, 1905.
6. G. BOUVRAIN. — Sur l'évolution vasculaire dans la Mercuriale (*C. R. Ac. Sc.*, CLXXV, p. 380-382, 1922).
7. P. BUGNON. — Sur l'hypocotyle de la Mercuriale (*C. R. Ac. Sc.*, CLXXIV, p. 954-957, 1922).
8. — Sur la ramification dichotome dans les cotylédons (*C. R. Ac. Sc.*, CLXXIV, p. 1194, 1195, 1196, 1922).
9. — L'organisation libéroligneuse chez la Mercuriale reproduit-elle une disposition ancestrale ? (*C. R. Ac. Sc.*, CLXXIV, p. 1484-1486, 1922).
10. — Sur la position systématique des Euphorbiacées (*C. R. Ac. Sc.*, CLXXV, p. 631, 632, 1922).
11. — Sur la différenciation vasculaire basipète pour toutes les traces foliaires chez la Mercuriale (*C. R. Ac. Sc.*, CLXXV, p. 897-899, 1922).
12. — L'organisation libéroligneuse des cotylédons et de l'hypocotyle expliquée par la théorie du raccord, chez la Mercuriale annuelle (*Bull. Soc. Linn. Norm.*, (7), v, p. 78-98, 1922).
13. — L'organisation libéroligneuse du cotylédon des Monocotylédones expliquée grâce aux phénomènes de dichotomie cotylédonaire (*Bull. Soc. Linn. Norm.*, (7), vi, p. 21-33, 1923).

14. C. CHAUVEAUD. — Recherches sur les tissus transitoires du corps végétatif des plantes vasculaires (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (9), XII, p. 56-69, 1910).
15. — L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (9), XIII, p. 215-228, 1911).
16. — Les principales variations du développement vasculaire dans les premières phyllorhizes des phanérogames ne sont pas déterminées par l'accroissement intercalaire (*C. R. Ac. Sc.*, CLXXIV, p. 1487, 1488, 1922).
17. J. COSTANTIN. — Etude comparée des tiges aériennes et souterraines des dicotylédones (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (6), XVI, p. 107-109, 1883).
18. J. DANIEL. — Premières notes sur les rapports existant entre l'anatomie végétale et l'écologie (*Rev. bretonne de Bot.*, p. 118, 1914).
19. — Influence du mode de vie sur la structure secondaire des dicotylédones (*Th. Doct. Sc. nat.*, p. 72, 80, Rennes, 1915).
20. H. DEVAUX. — Recherches sur les lenticelles (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (8), XII, p. 11, 12, 1900).
21. J. Ch. DÖLL. — *Florã des Grossherzogthums Baden*, II, p. 559-561, Carlsruhe, 1859.
22. A. W. EICHLER. — *Blütendiagramme*, II, p. 395, 396, Leipzig, 1878.
23. Ch. FERMOND. — *Essai de Phytomorphie*, I, p. 64, 146, 185, 377, 394, Paris, 1864.
24. L. FLOT. — Recherches sur la zone pérимédullaire de la tige (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (7), XVIII, p. 78, 1893).
25. X. FRUCTUS. — Des Mercuriales (Anatomie, matière colorante, propriétés) (*Th. pour le dipl. de Pharm.*, p. 11-43, Montpellier, 1894).
26. L. GAUCHER. — Recherches anatomiques sur les Euphorbiacées (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (8), XV, p. 176, 182, 193, etc., 1902).
27. J. GODFRIN. — Recherches sur l'anatomie comparée des cotylédons et de l'albumen (*Th. Doct. Sc. nat.*, p. 130, Paris, 1884).
28. K. GOEBEL. — Einkrümmung geophiler Sprosse (*Organographie der Pflanzen*, I, p. 11, Jena, 1913).
29. J. HANSTEIN. — *Die Milchsaftgefäesse und die Verwandten Organe der Rinde*, p. 76, Berlin, 1864).
30. W. HOFMEISTER. — Neuere Beobachtungen über Embryobildung der Phanerogamen (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, I, p. 89, 1858).
31. H. KNIPE. — Über die Bedeutung des Milchsafts der Pflanzen (*Flora*, XCIV, p. 165, 1905).
32. G. KRAUS. — Ueber den Bau trockner Pericarprien (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, V, p. 117, 1866-1867).

33. E. LABORIE. — Recherches sur l'anatomie des axes floraux (*Th. Doct. Sc. nat.*, p. 131-132, Paris, 1888).
34. LECLERC DU SABLON. — Recherches sur la déhiscence des fruits à péricarpe sec (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (6), xviii, p. 82, 1884).
35. Ad. LEMAIRE. — Recherches sur l'origine et le développement des racines latérales chez les dicotylédones (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (7), iii, p. 208, 220, 243, 247, 1886).
36. G. LEMONNIER. — Recherches sur la nervation de la graine (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (5), xvi, p. 267, 305, 1872).
37. M. LENOIR. — Evolution du tissu vasculaire chez quelques plantules de dicotylédones (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (10), ii, p. 29-31, 38-40, 1920).
38. Th. LESTIBOUDOIS. — Phyllotaxie anatomique (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (3), x, p. 20, 32, 46, 173, 1848).
39. E. LICENT. — Sur la structure et l'évolution du noyau dans les cellules du méristème de quelques Euphorbiacées (*C. R. Ac. Sc.*, CLXXII, p. 1064, 1921).
40. M. O. MALTE. — Embryologiska och cytologiska undersökningar öfver *Mercurialis annua* (*Diss. Lund.*, 1910; d'après C. YAMPOLSKY, *Amer. Journ. Bot.*, vi, p. 432, 1919).
41. M. T. MASTERS. — *Vegetable Teratology*, p. 194, 365, London, 1869.
42. F. PAX. — Die Anatomie der Euphorbiaceen in ihrer Beziehung zum System derselben (*Bot. Jahrb.*, v, p. 403, 414, 421, 1884).
43. J. B. PAYER. — *Traité d'organographie comparée de la fleur*, p. 525, 531, Paris, 1857.
44. O. PENZIG. — *Pflanzen-Teratologie*, ii, p. 286-287, Genua, 1894.
45. N. PRINGSHEIM. — Entwicklungsgeschichte des Stempels, des Samenträgers und der unbefruchteten Samenknospen von *Mercurialis annua* (*Bot. Ztg.*, ix, p. 97-103, 113-120, 1851).
46. A. PRUNET. — Recherches sur les nœuds et les entre-nœuds de la tige des dicotylédones (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (7), xiii, p. 328, 330, 1891).
47. K. REICHE. — Beiträge zur Anatomie der Inflorescenzachsen (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch.*, v, p. 314, 315, 1887).
48. Ch. ROYER. — *Flore de la Côte-d'Or, avec détermination par les parties souterraines*, ii, p. 424, Paris, 1883).
49. A. RIMBACH. — Ueber die Ursache der Zellhautwellung in der Endodermis der Wurzeln (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch.*, xi, p. 106, 109, 1893).
50. — Ueber die Ursache der Zellhautwellung in der Exodermis der Wurzeln (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch.*, xi, p. 471, 1893).
51. W. RUSSELL. — Recherches sur les bourgeons multiples (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (7), xv, p. 167, 168, 1892).
52. H. SCHACHT. — Entwicklungs-Geschichte des Pflanzen-Embryon (d'après *Ann. Sc. nat. Bot.*, (3), xv, p. 82, 1851).

53. J. SCHWEIGER. — Beiträge zur Kenntnis der Samenentwicklung der Euphorbiaceen (*Flora*, xciv, p. 353-354, 1905).
54. E. STRASBURGER. — Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, v, p. 315-316, 1866-1867).
55. — Zellbildung und Zelltheilung, p. 126, 381, Jena, 1880.
56. M. G. SYKES. — Notes on the nuclei of some unisexual plants (*Ann. of Bot.*, xxiii, p. 341, 1909).
57. A. TRÉCUL. — Recherches sur l'origine des racines (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (3), vi, p. 321-323, 1846).
58. Ph. VAN TIEGHEM. — Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (5), xiii, p. 247, 1870).
59. — Sur les modes de nervation de l'ovule et de la graine (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (5), xvi, p. 230, 1872).
60. — Sur l'hypostase (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (8), xvii, p. 360, 1903).
61. J. VESQUE. — Mémoire sur l'anatomie comparée de l'écorce (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (6), ii, p. 112, 1875).
62. — Nouvelles recherches sur le développement du sac embryonnaire des phanérogames angiospermes (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (6), viii, p. 336, 1879).
63. H. WYDLER. — Ueber die symmetrische Verzweigungsweise dichotomer Inflorescenzen (*Flora*, xxxiv, p. 423-424, 1851).
64. — Morphologische Mittheilungen (*Flora*, xl, p. 30, 1857).
65. — Kleinere Beiträge zur Kenntniss einheimischer Gewächse (*Mittheil. d. naturf. Gesellsch. in Bern*, N° 583, p. 24-32, 1865).

Biologie

66. H. BAILLON. — De l'hermaphroditisme accidentel chez les Euphorbiacées (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, iv, p. 694, 1857).
67. — *Adansonia*, i, p. 125-126, Paris, 1860.
68. G. BITTER. — Parthenogenesis und Variabilität der *Bryonia dioica* (*Abhandl. d. naturwiss. Vereins Bremen*, xviii, p. 102, 1904).
69. — Zur Frage der Geschlechtsbestimmung von *Mercurialis annua* durch Isolation weiblicher Pflanzen (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch.*, xxvii, p. 120-126, 1909).
70. V. H. BLACKMAN et H. C. FRASER. — Further Studies on the Sexuality of the Uredinae (*Ann. of Bot.*, xx, p. 41, 1906).
71. P. BLANC. — (*Rev. hort. et bot. des Bouches-du-Rhône*, 1921 : d'après A. REYNIER, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, lxi, p. 460, 1922).
72. L. BLARINGHEM. — Action des traumatismes sur la variation et l'hérédité (*Th. Doct. Sc. nat.*, p. 91, 126, Paris, 1907).

73. L. BLARINGHEM. — Etudes sur le polymorphisme floral (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, LXIX, p. 84-89, 1922).
74. BOISDUVAL. — Sur la persistance de graines longtemps enfouies dans le sol de Paris (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, XIII, p. 301, 1866).
75. C. BOUCHE. — Umwandlung der Geschlechter der Pflanzen (*Monatschr. d. ver. zu Beford. des Gartenbaues in den k. preuss. Staaten*, p. 482, 1881 ; d'après C. YAMPOLSKY, *Amer. Journ. Bot.*, VI, p. 432, 1919).
76. P. BRARD. — Observations sur la germination de quelques graines antiques (*Ann. Soc. d'Agr. de la Dordogne*, XV, 1835 ; d'après Ch. DES MOULINS, *Documents relatifs à la faculté germinative conservée par quelques graines antiques*, p. 21-24, Bordeaux, 1846).
77. P. A. BUROLLET. — Anomalies morphologiques dans l'inflorescence du *Mercurialis ambigua* (*Ass. Fr. p. l'avanc. des Sciences*, p. 369-371, Montpellier, 1922).
78. — Observations sur la *Mercuriale annuelle* (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, LXX, p. 250-254, 1923).
79. R. J. CAMERARIUS. — Ova mercurialis subventanea (*Ephemerid. German.*, Dec. II, Ann. X, p. 90, 1691).
80. A. DE CANDOLLE. — *Géographie botanique*, II, p. 686, 700, 704, 707, 759, Paris, 1855.
81. Ch. CONTEJEAN. — De l'influence du terrain sur la végétation (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (6), II, p. 294, 298, 1875).
82. L. DANIEL. — Nouvelles études sur les greffes herbacées (*Rev. bretonne de Bot.*, p. 42, 1919).
83. Ch. DARWIN. — *Des effets de la fécondation croisée et de la fécondation directe dans le règne végétal*, p. 428, trad. HECKEL, 1877.
84. J. DAVEAU. — Euphorbiacées du Portugal, p. 35, Coimbra, 1885 (ext. du *Bol. d. Soc. Broteriana*).
85. F. DELPINO. — Note ed osservazioni botaniche (*Malpighia*, IV, p. 27, 1890).
86. W. DOD. — Monœcious Form of *Mercurialis perennis* (*Journ. of Bot.*, XXXIII, p. 185, 1895).
87. C. F. GAERTNER. — *Versuche und Beobachtungen über die Befruchtungsorgane der vollkommeneren Gewächse*, p. 54, 98, etc., Stuttgart, 1844.
88. — *Versuche und Beobachtungen über die Bastarderzeugung im Pflanzenreich*, p. 361, Stuttgart, 1849.
89. F. J. GEORGE. — Autumn Flowering of *Mercurialis perennis* (*See Journ. Bot.*, 1889 ; d'après *Journ. of Bot.*, XXVIII, p. 376, 1890).
90. A. GIARD. — Les variations de la sexualité chez les végétaux (*C. R. Soc. Biol.*, (10), V, p. 730, 1898).
91. P. GILLOT. — Remarques sur le déterminisme du sexe chez *Mercurialis annua* (*C. R. Ac. Sc.*, CLXXVIII, p. 1995-1998, 1924).

92. P. GILLOT. — Observations sur le polymorphisme floral du *Mercurialis annua* (Bull. Soc. Bot. Fr., LXXI, p. 684-692, 1924).
93. D. A. GODRON. — *De l'espèce et des races dans les êtres organisés*, I, p. 160, Paris, 1859.
94. — *Essai sur la géographie physique de la Lorraine*, p. 125, 202, Nancy, 1862.
95. K. GOEBEL. — Ueber sexuellen Dimorphismus bei Pflanzen (Biol. Centralb., xxx, p. 704, 736, 1910).
96. GUTTENBERG (H. RITTER VON). — Cytologische Studien an Synchytrium Gallen (Jahrb. f. wiss. Bot., XLVI, p. 455-463, 1909).
97. F. HEYER. — Untersuchung über das Verhältnis des Geschlechtes bei einhäusigen und zweihäusigen Pflanzen (Ber. d. landwirtsch. Inst. d. Univ. Halle, v, p. 15-42, 135-137, 1884).
98. F. HILDEBRAND. — Ueber Aehnlichkeiten in Pflanzenreiche, p. 65, Leipzig, 1902.
99. — Einige weitere biologische Beobachtungen (Beihefte z. Bot. Centralb., xxiv, p. 83, 1908).
100. H. HOFFMANN. — Zur Geschlechtsbestimmung (Bot. Ztg., xxix, p. 85-86, 99-102, 1871).
101. — Ueber Sexualität (Bot. Ztg., XLIII, p. 145, 149, 163, 165, 168, 1885).
102. C. HOUARD. — *Les Zoocécidies des plantes d'Europe*, II, p. 661, Paris, 1909.
103. A. KERNER. — *Pflanzenleben*, II, p. 312, 395, 462, 725, Leipzig, 1891.
104. O. KIRCHNER. — Parthenogenesis bei Blütenpflanzen (Jahresb. d. Vereins f. vaterl. natur. in Württemberg, LXI, p. 53-54, 1905).
105. P. KNUTH. — *Handbuch der Blütenbiologie*, I, p. 77 ; II, p. 379, Leipzig, 1898-1899.
106. W. KRÜGER. — Ueber ungeschlechtliche Fortpflanzung und das Entstehen weiblicher Individuen durch Samen ohne Befruchtung bei *Mercurialis annua* und anderen diöcischen Pflanzen (Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., xxvi, p. 333-339, 1908).
107. E. LAURENT. — De l'influence de l'alimentation minérale sur la production des sexes chez les plantes dioïques (C. R. Ac. Sc., cxxxvii, p. 689, 1903).
108. J. LAURENT. — Une nouvelle hypothèse sur le déterminisme du sexe (Ass. Franç. p. l'avanc. des sciences, p. 414, Lyon, 1906).
109. P. LAVIALLE. — La Parthénogénèse chez les végétaux (Th. Agrég. Pharm., p. 84-85, Paris, 1914).
110. LECOQ. — Recherches sur la reproduction des végétaux. Clermont, 1827 (d'après A. DE CANDOLLE, *Introduction à l'étude de la Botanique*, I, p. 349, Paris, 1835).

111. J. MAGROU. — Symbiose et tubérisation (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (10), III, p. 216-219, 267, 1921).
112. L. MELPIGNANO. — La disseminazione delle piante con speciale riguardo alla flora libica (*Malpighia*, XXVIII, p. 308, 1917).
113. M. MOLLARD. — De l'hermaphroditisme chez la Mercuriale et le Chanvre (*Rev. gén. Bot.*, x, p. 321-323, 1898).
114. — De l'influence de la température sur la détermination du sexe (*C. R. Ac. Sc.*, CXXVII, p. 669, 1898).
115. Ch. NAUDIN. — Observations relatives à la formation des graines sans le secours du pollen (*C. R. Ac. Sc.*, XLIII, p. 540, 1856).
116. G. NICOLAS. — Remarques biologiques sur le *Mercurialis annua* L. var. *ambigua* (*Bull. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord*, x, p. 61-65, 1919).
117. — Nouvelles remarques sur le *Mercurialis ambigua* (*Bull. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord*, XIV, p. 178-182, 1923).
118. — A propos du *Mercurialis ambigua* (*Bull. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord*, XIV, p. 274, 1923).
119. F. PAX. — *Mercurialineae* (Dans ENGLER, *Das Pflanzenreich* [IV, 147, VII], p. 276-280, 1914).
120. PIERRE (abbé). — La Mercuriale et ses galles (*Rev. Sc. du Bourbonnais et du Centre de la France*, x, p. 97-107, 1897).
121. F. PLATEAU. — Comment les fleurs attirent les insectes (*Bull. Acad. roy. de Belgique*, (3), XXXIV, p. 636-637, 1897).
122. F. A. RAMISCH. — Beobachtung über Samenbildung ohne Befruchtung am Bingelkraute, Prag, 1837 (d'après F. GAERTNER, *Versuche und Beobachtungen über die Befruchtungsorgane*, p. 475, 1844).
123. E. REGEL. — Zur Parthenogenesis (*Bot. Ztg.*, XVI, p. 306, 307, 308, 1858) et Die Parthenogenesis im Pflanzenreiche (*Mém. de l'Acad. imp. des Sciences de Saint-Petersbourg*, (7), I, N° 2, p. 35-36, 1859).
124. A. REYNIER. — Semi-hermaphroditisme chez le *Mercurialis annua* (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, LXIV, p. 454-462, 1922).
125. Ch. ROYER. — Considérations sur les parties souterraines des plantes (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, XVII, p. 150, 152, 1870).
126. J. SAUNDERS. — Monœcious and hermaphrodite *Mercurialis perennis* (*Journ. of. Bot.*, XXI, p. 181-182, 1883).
127. C. SCHIMPER. — Flora hyemalis von Schwetzingen (*Flora*, XXXVII, p. 78, 1854).
128. E. SCHRIBAUX. — Germination des semences de mauvaises herbes (*Cours d'Agriculture générale, Institut national agronomique*, p. 3).
129. G. SIRACUSA JANELLI. — I caratteri sessuali secondarii nelle piante (*Malpighia*, XXII, p. 319, 323-324, 1908).
130. SPALLANZANI. — *Expériences pour servir à l'histoire de la génération des animaux et des plantes*, p. 366-371, Genève, 1786.

131. E. STRASBURGER. — Versuche mit diöcischen Pflanzen in Rücksicht auf Geschlechtsverteilung (*Biolog. Centralb.* xx, p. 724 et suiv., 756 et suiv., 1900).
132. — Das weitere Schicksal meiner isolierten weiblichen *Mercurialis annua*-Pflanzen (*Zeitschr. f. Bot.*, I, p. 507-525, 1909).
133. — Zeitpunkt der Bestimmung des Geschlechtes (*Histologische Beiträge*, VII, p. 29, 37, Jena, 1909).
134. — Ueber Geschlechtbestimmende Ursachen (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, XLVIII, p. 427 et suiv., 1910).
135. TEINTURIER. — Graines anciennes enfouies dans le sol (*Mém. Soc. d'Agric. de la Seine*, 1848 ; d'après GODRON, *De l'espèce*, I, p. 148, Paris, 1859).
136. F. THOMAS. — Einhäusige *Mercurialis perennis* (*Bot. Centralb.*, XV, p. 29, 1883).
137. G. THURET, d'après RADLKOFER. — Sur la véritable parthénogénèse dans les plantes (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (4), VII, p. 251, 1857).
138. J. TOURNOIS. — Etudes sur la sexualité du Houblon (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (9), XIX, p. 147, 149, 153, 155, 1914).
139. L. C. TREVIRANUS. — Ueber die Erzeugung durch zwey Geschlechter im Pflanzenreiche (*Verm. Schrift.*, IV, p. 114-117, 1821).
140. — Nachtrag zu der vorstehenden Abhandlung über das Geschlecht der Pflanzen (*Verm. Schrift.*, IV, p. 175, 1821).
141. H. VÖCHTING. — Ueber Transplantation am Pflanzenkörper, p. 91, Tübingen, 1892.
142. H. DE VRIES. — Eine Methode Zwangsdrehungen aufzusuchen (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellschaft.*, XII, p. 35, 38, 39, 1894).
143. — Ueber tricotyle Rassen (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellschaft.*, XX, p. 50, 1902).
144. — Die Mutationstheorie, II, p. 228, 232, etc., Leipzig, 1903.
145. F. E. WEISS. — Die Blütenbiologie von *Mercurialis* (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellschaft.*, XXIV, p. 501-505, 1906).
146. A. WINKLER. — Ueber die Keimpflanze der *Mercurialis perennis* (*Flora*, LXIII, p. 339-344, 1880).
147. H. WINKLER. — Ueber Parthenogenesis und Apogamie im Pflanzenreiche (*Prog. Rei bot.*, II, p. 341, 1908).
148. M. WORONIN. — Neuer Beitrag zur Kenntnis der Chytridiceen (*Bot. Ztg.*, XXVI, p. 81-88, 1868).
149. G. YAMPOLSKY. — Observations on inheritance of sex ratios in *Mercurialis annua* (*Mem. N. Y. Bot. Gard.*, VI, p. 69-74, 1916).
150. — Inheritance of sex in *Mercurialis annua* (*Amer. Journ. Bot.*, VI, p. 410-442, 1919).
151. — The occurrence and inheritance of sex intergradation in Plants (*Amer. Journ. Bot.*, VII, p. 21-38, 1920).
152. — Sex intergradation in the flowers of *Mercurialis annua* (*Amer. Journ. Bot.*, VII, p. 95-100, 1920).

Chimie

153. M. BERTHELOT et G. ANDRÉ. — Sur l'état de la potasse dans les plantes, le terreau et la terre végétale, et sur son dosage (*C. R. Ac. Sc.*, cv, p. 911-912, 1887, et *Bull. Soc. Chim.*, L, p. 16-17, 1888).
154. — Sur l'état du soufre et du phosphore dans les plantes, la terre et le terreau, et sur leur dosage (*C. R. Ac. Sc.*, cv, p. 1220, 1222, 1887, et *Bull. Soc. Chim.*, L, p. 22, 24, 1888).
155. M. BERTHELOT. — Sur le dosage de la chaux dans la terre, le terreau et les plantes (*Chimie végétale et agricole*, iv, p. 67-69, Paris, 1899).
156. BÜCHNER. — Chemische Untersuchung der *Mercurialis annua* (*Buchn. Repert.*, XLVI, 2 ; d'après *Archiv. d. Pharm.*, ciii, p. 321, 1848).
157. G. CAPUS. — Sur la répartition et la migration des nitrates dans les tissus de la plante (*Ann. Agron.*, xii, p. 25, 27, etc., 1886).
158. H. CHANEL. — Essai sur la Mercuriale (*Synth. pour le dipl. de Pharm.*, p. 16-26, Montpellier, 1879).
159. DELILE. — Notice sur le *Mercurialis tomentosa* considéré comme plante tinctoriale (*Bull. Soc. d'Agric. de l'Hérault*, p. 348, 390, 1839).
160. H. FENEUILLE. — De la Mercuriale (*Journ. Chim. méd.*, II, p. 116, 1826).
161. X. FRUCTUS. — Des Mercuriales (Anatomie, matière colorante, propriétés) (*Th. pour le dipl. de Pharm.*, p. 44-49, 65-66, Montpellier, 1894).
162. P. GILLOT. — Variations et migrations des matières sucrées dans la Mercuriale vivace, au cours de sa végétation annuelle (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, (7), xxvi, p. 250-256, 1922).
163. — Sur les variations de quelques réserves hydrocarbonées dans la Mercuriale vivace (*C. R. Ac. Sc.*, CLXXVI, p. 1657-1659, 1923).
164. — Sur la présence du maltose dans les organes de réserve du *Mercurialis perennis* (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, (7), xxviii, p. 148-154, 1923).
165. M. GONNERMANN. — Die Saponine von *Mercurialis perennis* (*Bioch. Zeitschr.*, xcvi, p. 38, 1919).
166. M. HARLAY. — Le saccharose dans les organes végétaux souterrains (*Th. Doct. Pharm.*, p. 45, Paris, 1905).
167. F. A. HARTSEN. — Ueber Chrysophyll (*Arch. d. Pharm.*, ccvii, p. 136, 1875).
168. K. B. LEHMANN. — Notiz über den blauen Farbstoff von *Mercurialis perennis* (*Archiv. f. Hygiene*, vi, p. 126-128, 1887).

169. G. DE LETTER. — Mercuriale annuelle (*Journ. de Pharm. d'Anvers*, L, p. 34-35, 1894).
170. MALAGUTTI et DUROCHER. — Recherches sur la répartition des éléments inorganiques dans les principales familles du règne végétal (*Ann. de Chim. et de Phys.*, (3), LIV, tab. B, 1858).
171. ST. MARTIN. — Essais sur la Mercuriale (*Bull. gén. de Thér.*, XLII, p. 359-360, 1852).
172. H. MOLISCH. — Ueber den Mikrochemischen Nachweis von Nitraten und Nitriten in der Pflanze mittels Diphenylamin oder Brucin (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch.*, I, p. 153, 1883).
173. Das Vorkommen und der Nachweis des Indicans in der Pflanze nebst Beobachtungen über ein neues Chromogen (*Bot. Centralb.*, LV, p. 137, 1893).
174. Die Kristallisation und der Nachweis des Xantophylls im Blatte (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch.*, XIX, p. 22, 27, 29, 1896).
175. W. PALLADIN. — Ueber Prochromogene der pflanzlichen Atmungschromogene (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch.*, XXVII, p. 102, 1909).
176. E. REICHARDT. — Mercurialin, ein neues flüchtiges Alkaloid (*Chem. Centralb.*, I, p. 65-66, 1863).
177. — Mercurialin (*Arch. d. Pharm.*, CLXXXVI, p. 55-64, 1868).
178. REITLER. — Analyse der Asche des Waldbingelkrauts (*Jahresb. d. Pharm.*, I, p. 71, 1860).
179. TH. DE SAUSSURE. — *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 101, Paris, 1804.
180. E. SCHMIDT. — Ueber das Mercurialin (Methylamin) (*Lieb. Ann. d. Chem.*, CXIII, p. 73-86, 1878).
181. VOGLER. — Eine blaue Tinktur aus den Wurzeln des Waldbingelkrauts (*Chem. Ann. v. Crell*, I, p. 399-401, 1789).

Physiologie

182. A. ASTRUC. — Recherches sur l'acidité végétale (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (8), XVII, p. 18, 24, 27, 1903).
183. H. BRACONNOT. — Recherches sur l'influence des plantes sur le sol (*Ann. de Chim. et de Phys.*, LXXII, p. 38-39, 1839).
184. R. GERIGHELLI. — Sur la respiration des plantes vertes à la lumière (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, LXXI, p. 255, 1924).
185. R. COMBES. — Détermination des intensités lumineuses optima pour les végétaux aux divers stades du développement (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (9), XI, p. 120-124 ; 149-152 ; 167-169 ; 182-195, 1910).
186. E. GAIX. — Recherches sur le rôle physiologique de l'eau dans la végétation (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (7), XX, p. 189, 1894).

187. M. GARREAU. — De la respiration chez les plantes (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (3), xv, p. 9, 11, 13, 33, 1851).
188. J. LAURENT. — Absorption des hydrates de carbone par les racines (*C. R. Ac. Sc.*, cxxvii, p. 786, 1898).
189. B. LIDFORSS. — Untersuchungen über die Reizbewegungen der Pollenschläuche (*Zeitschr. f. Bot.*, I, p. 488, 1909).
190. MACAIRE. — Note sur les gaz nuisibles à la végétation (*Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, v, p. 284, 1832).
191. — Mémoire pour servir à l'histoire des assolements (*Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, v, p. 295, 297, 1832).
192. G. NICOLAS. — Recherches sur la respiration des organes végétatifs des plantes vasculaires (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (9), x, p. 38, 95, 1909).
193. — Contribution à l'étude des variations de la respiration des végétaux avec l'âge (*Rev. gén. de Bot.*, xxx, p. 220, 1918).
194. E. PRILLEUX. — Expériences sur la fanaison des plantes (*C. R. Ac. Sc.*, lxxi, p. 81, 1870).
195. A. ROGER. — Etude expérimentale de l'action de l'humidité du sol sur la structure de la tige et des feuilles (*C. R. Ac. Sc.*, cxv, p. 525, 1892).
196. W. RUSSELL. — De la survie des tissus végétaux après le gel (*C. R. Ac. Sc.*, clviii, p. 508, 1914).
197. H. SCHROEDER. — Zur Frage des Etiollements (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch.*, xxviii, p. 49, 1910).
198. E. STABL. — Ueber den Einfluss der Lichtintensität auf Structur und Anordnung des Assimilationsparenchyms (*Bot. Ztg.*, xxxviii, p. 871, 1880).
199. H. VÖCHTING. — Ueber Regeneration und Polarität bei höheren Pflanzen (*Bot. Ztg.*, lxiv, p. 145, 1906).
200. E. ZAEPPFEL. — Contribution à l'étude du géotropisme (*Ann. Sc. nat. Bot.*, (10), v, p. 128-129, 132, 1923).
-

PREMIÈRE PARTIE

CONTRIBUTION
A
L'ÉTUDE CHIMIQUE
DES GRAINES

PREMIÈRE PARTIE

Contribution à l'étude chimique des graines

L'étude des graines des Mercuriales semble avoir été complètement négligée. Seul, REICHARDT [176] (1), en a retiré, en 1863, une base volatile qu'il dénomma *Mercurialine*.

Les graines des trois espèces indigènes devaient donc, tout naturellement, attirer mon attention. Leur analyse m'a conduit à en extraire des huiles éminemment siccatives, présentant entre elles la plus grande analogie.

Tels sont les résultats qui sont exposés dans cette première partie de mon travail. Ils démontrent, une fois de plus, l'harmonie qui existe, dans les organes d'un même groupe naturel, entre les caractères morphologiques et la composition chimique.

(1) Les chiffres entre crochets [] renvoient à la table bibliographique, page 11.

Méthodes analytiques

Les méthodes d'analyse des corps gras étant encore conventionnelles, je crois utile d'indiquer ici les procédés que j'ai suivis, en n'insistant toutefois que sur ceux dont l'application aux huiles siccatives a donné lieu à des observations.

Méthodes employées pour déterminer la composition chimique de la graine.

Dosage de l'eau. — Par suite de l'oxydation particulièrement facile de l'albumen des graines étudiées, j'ai dû opérer la dessiccation, à 100-105°, dans un courant de gaz carbonique. Malgré cette précaution, il est difficile d'obtenir des résultats absolument concordants, car la tendance de l'huile à s'oxyder ne tarde pas à contrebalancer la perte en eau.

Dosage de la matière grasse. — La détermination de la teneur en matière grasse a été effectuée en épuisant les graines pulvérisées, dans l'extracteur classique de SOXHLET, par un dissolvant approprié.

Le choix de ce dernier n'est pas sans importance, car les rendements obtenus varient avec les liquides employés. C'est ce que montrent les résultats suivants, qui se rapportent à des graines de Mercuriale annuelle récoltées en 1919 :

DISSOLVANTS	MATIÈRE GRASSE P. 100
Tétrachlorure de carbone	39 gr 12
Ether de pétrole	39 , 98
Chloroforme	40 , 48
Ether sulfurique	40 , 64
Sulfure de carbone	40 , 80

On voit que les pourcentages les plus élevés sont fournis par les trois derniers dissolvants. Mais, tandis que l'huile extraite

par l'éther de pétrole est de couleur jaune pâle, le chloroforme, l'éther sulfurique et le sulfure de carbone donnent des produits colorés en vert plus ou moins foncé, qui ne tardent pas à abandonner, par le repos, une partie des impuretés qu'ils renferment.

Ces dissolvants ont en effet l'inconvénient d'agir sur les téguments de la graine et de dissoudre une partie des matières étrangères qui accompagnent la matière grasse. Dans le cas présent, il m'a suffi de reprendre, par l'éther de pétrole, le résidu fourni par l'éther sulfurique, pour entraîner une précipitation des impuretés et diminuer le rendement de 0 gr. 60 %.

Le tétrachlorure de carbone ne présente pas cet inconvénient et fournit une huile de couleur jaune pâle. Toutefois, la difficulté d'éliminer complètement ce dissolvant constitue un écueil, lorsqu'il s'agit d'huiles très siccatives.

De tous les véhicules usuels, c'est donc l'éther de pétrole qui semble le plus recommandable. Divers auteurs, notamment BENEDIKT (1) et NOERDLINGER (2), ont d'ailleurs signalé les avantages qu'il présente pour l'extraction des matières grasses. Comme il peut être obtenu facilement pur, neutre et anhydre, qu'il n'exige pas la déshydratation de la matière à épuiser, il convient particulièrement pour l'extraction des huiles à indice d'iode élevé.

Pour toutes ces raisons, j'ai utilisé constamment, comme dissolvant, de l'éther de pétrole distillant entièrement au-dessous de 60°.

Dosage des matières protéiques. — La quantité de matière protéique a été calculée d'après la teneur en azote, obtenue en utilisant le procédé de KJELDAHL.

Le dosage des matières sucrées et celui des matières amylacées furent effectués en suivant la technique décrite dans la troisième partie, à propos de la méthode biochimique.

Pour le dosage de la cellulose et des cendres, j'ai suivi les modes opératoires habituellement employés.

(1) BENEDIKT, *Analyse der Fette und Wacharten*, 59, Berlin, 1897.

(2) NOERDLINGER, *Zeit. f. Anal. Chem.*, XXVIII, 183-187, 1889.

Modes d'extraction de l'huile.

Comparaison entre les résultats donnés par la presse et ceux qui sont fournis par les dissolvants.

Les huiles qui font l'objet de ce travail peuvent être obtenues par les procédés habituels de préparation des huiles végétales, c'est-à-dire par expression, ou par extraction à l'aide des dissolvants. A quel procédé convient-il de donner la préférence ?

Si l'on n'envisage que le rendement en huile, il est évident que celui-ci est nettement en faveur de l'extraction par les dissolvants.

Si l'on considère la qualité des produits obtenus, on peut dire que, pratiquement, les huiles extraites par les dissolvants ne diffèrent pas sensiblement des huiles de pression.

Toutefois, il y a lieu, pour le chimiste, d'accorder la préférence à ces dernières. Elles sont en effet moins acides que celles d'extraction. Cette particularité ne saurait être imputée aux manipulations supplémentaires nécessitées par l'élimination du dissolvant, car le chauffage, même à l'air libre, est sans influence sur l'acidité de l'huile. Elle est due à l'activité de la lipase que renferment les graines et dont l'action s'exerce dès que celles-ci ont été réduites en poudre. C'est ce que démontrent les observations suivantes, qui concernent les graines de Mercuriale annuelle :

Durée de l'opération	ACIDITÉ P. 100, EN ACIDE OLÉIQUE, DE L'HUILE OBTENUE	
	Par pression à froid	Par extraction au Soxhlet, au moyen de l'éther de pétrole
1 heure.....	0 gr 82	1 gr 11
3 heures.....	1 , 05	1 , 82
6 heures.....	1 , 40	2 , 62

Ces résultats semblent indiquer que le ferment lipolytique est susceptible de dédoubler les glycérides, en présence des dissolvants.

Afin de contrôler ces indications, j'ai mis en contact pendant un mois, à une température de 15-16°, quantités égales de graines pulvérisées avec volumes égaux de différents sol-

vants. D'autre part, j'ai abandonné, à l'air libre et pendant le même temps, un lot de graines pulvérisées, destiné à servir de témoin.

Voici la répartition de l'acidité dans les différents échantillons ainsi obtenus :

DISSOLVANTS	ACIDITÉ DE L'HUILE (en acide oléique ‰)
Chloroforme.....	1 ^{er} 80
Sulfure de carbone.....	3, 10
Tétrachlorure de carbone.....	3, 18
Benzine.....	3, 57
Ether sulfurique.....	4, 86
Ether de pétrole.....	13, 69

Quant aux graines broyées et abandonnées à l'air libre, elles ont fourni, par expression, une huile dont l'acidité atteignait 18,34 ‰.

De tous les dissolvants usuels, c'est donc l'éther de pétrole qui favorise le plus l'hydrolyse ; le chloroforme semble, au contraire, la retarder.

Enfin, comme dans toutes les actions fermentaires, la température exerce sur la lipolyse une influence indéniable que montrent les résultats suivants, obtenus après un contact de six heures dans l'éther de pétrole.

TEMPÉRATURE DE L'EXPÉRIENCE	ACIDITÉ DE L'HUILE (en acide oléique ‰)
15°.....	1 ^{er} 24
30-40°.....	2, 06

La température qui règne généralement dans les appareils à lixivier de SOXHLET doit donc favoriser particulièrement l'action saponifiante.

Il résulte de ce simple aperçu que, selon le procédé d'extraction employé, selon le dissolvant, la durée de l'opération et la température, on obtiendra des huiles plus ou moins acides, qui pourront différer entre elles, notamment en ce qui concerne l'indice de réfraction, la densité et l'indice de CRISMER.

C'est pourquoi, afin d'obtenir des échantillons comparables, j'ai toujours eu recours à l'expression à froid et conduit, en une heure, les opérations de broyage et de pression.

J'ai employé pour l'extraction des huiles une presse articulée,

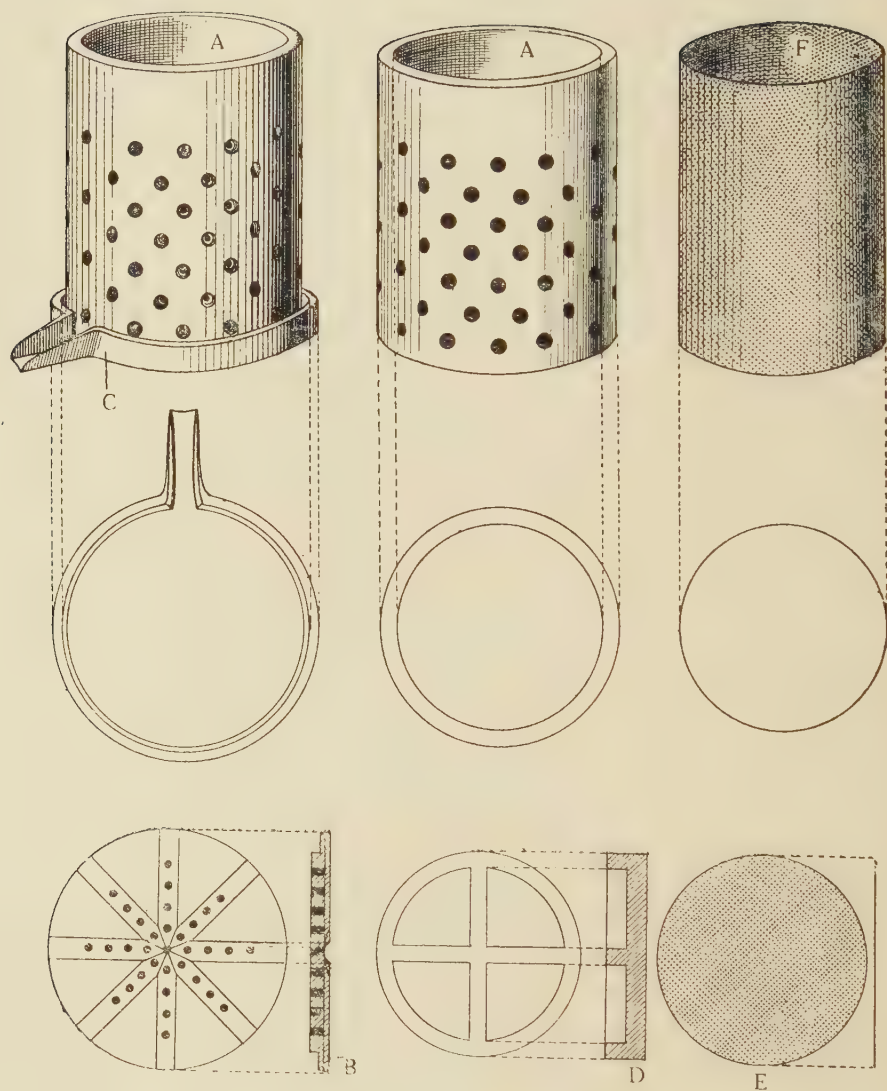


FIG. 1. — Schéma du baril de pressurage. — A C, appareil monté ; A, cylindre en bronze perforé, de 9^{mm} d'épaisseur ; B, disque en bronze perforé, obturant la partie inférieure du cylindre A ; C, cuvette mobile en bronze ; D, tampon compresseur en bronze ; E, diaphragme en laiton perforé ; F, chemise en laiton perforé.

à manivelle et à cliquet (modèle SAMAIN), susceptible d'exercer une pression de 5 tonnes. Afin de pouvoir traiter des quantités de graines comprises entre 100 grammes et 1 kilo, j'ai utilisé un baril de pressurage de faible capacité, pouvant s'adapter intimement au piston de la presse. Cet appareil démontable (fig. 1) mesure 10 centimètres de diamètre intérieur sur 15 centimètres de hauteur. Sa résistance est considérable et son nettoyage très facile.

Méthodes physiques d'analyse des huiles

Densité. — Parmi les procédés indiqués pour la détermination de cette constante, j'ai choisi la méthode du flacon et utilisé, à cet effet, un pycnomètre de 60 cm³ de capacité, que j'avais fait construire spécialement. Selon l'usage généralement adopté dans les essais des huiles, les densités ont été rapportées à l'eau à 15° C.

Indice de réfraction. — Les indices de réfraction furent déterminés au moyen du réfractomètre universel de FÉRY.

Pouvoir rotatoire. — Les déviations subies par la lumière polarisée ont été observées dans un tube de 2 décimètres et exprimées en degrés d'arc.

Examen spectroscopique. — L'examen des spectres d'absorption a été fait à la température ordinaire et sur une épaisseur de 10 millimètres.

Température critique de dissolution ou indice de CRISMER. — La détermination de l'indice de CRISMER a été effectuée, selon les indications de l'auteur, avec de l'alcool de densité 0,7967 et en tube ouvert.

Point de congélation. — Le point de congélation des huiles a été obtenu en suivant la technique habituelle et en utilisant un mélange réfrigérant constitué par 1 partie de chlorure d'ammonium, 2 parties de chlorure de sodium et 5 parties de glace pilée.

Le point de solidification des acides gras a été déterminé par le procédé de DALICAN.

Méthodes employées pour la détermination des constantes chimiques

Dosage des acides libres. — La détermination de l'indice d'acide a été effectuée en titrant, avec une solution aqueuse alcaline N/10 et en présence de phénolphthaléine, un mélange de 5 grammes d'huile et de 25 cm³ d'alcool à 95° préalablement neutralisé.

Indice de saponification ou de KÖRTSTORFER. — Pour déterminer cette constante, j'ai chauffé pendant 30 minutes, au bain-marie et au réfrigérant à reflux, 5 grammes d'huile avec 25 cm³ d'une solution alcoolique de potasse à 8 %. Un essai à blanc a toujours été fait parallèlement et dans des conditions rigoureusement identiques. La solution alcaline a été préparée avec de l'alcool à 95°, purifié d'après la technique de DUNLAP (1) : On dissout 1 gr. 50 de nitrate d'argent dans quelques centimètres cubes d'eau et on ajoute cette solution à un litre d'alcool à 95° contenu dans un flacon bouché à l'émeri. Après agitation, on verse lentement, dans la liqueur argentique, une solution de 3 gr. de potasse pure dans 10 à 15 cm³ d'alcool. On laisse reposer jusqu'à ce que tout l'oxyde d'argent soit complètement déposé ; on décante l'alcool surnageant et on distille.

Dosage des acides solubles. — Ce dosage a été effectué selon les indications de PLANCHON, et à l'aide de la fiole spéciale de BRUNO.

Dosage des acides insolubles ou indice de HEHNER. — La détermination de l'indice de HEHNER a été faite en suivant le mode opératoire indiqué par l'auteur (2) ; mais la dessiccation des acides gras a été obtenue dans le vide sulfurique, dans les conditions préconisées par VILLIERS, COLLIN et FAYOLLE (3). Il est, en effet, impossible d'effectuer dans de bonnes conditions

(1) DUNLAP, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, XXXVIII, 395, 1905.

(2) HEHNER, *Zeitschr. f. analyt. Chem.*, XVI, 145, 1877.

(3) VILLIERS, COLLIN et FAYOLLE, *Traité des falsifications et altérations des substances alimentaires*, IV, 234, Paris, 1911.

la dessiccation à l'étuve à 100°, à cause de l'oxydation rapide des acides gras non saturés.

Dosage des acides volatils. — L'indice de REICHERT-MEISSEL-WOLNY a été déterminé en suivant, à la lettre, cette méthode conventionnelle.

Indice d'acétyle ou indice de BENEDIKT. — Pour cette détermination, j'ai suivi le mode opératoire indiqué par LEWKOWITSCH (1). Mais j'ai effectué le lavage de l'huile acétylée en l'agitant, dans une ampoule à décantation, avec 500 cm³ d'eau chaude. Trois lavages suffisant pour éliminer, dans ces conditions, la totalité de l'acide acétique, l'opération peut être terminée en moins d'une demi-heure.

Enfin, la nouvelle modification indiquée par ANDRÉ (2) m'a servi à établir un certain nombre d'indices.

Dosage des matières insaponifiables. — Les méthodes de détermination de l'« insaponifiable » sont fort nombreuses, et j'ai constaté que les résultats obtenus varient avec le mode opératoire adopté. En particulier, les procédés basés sur l'épuisement des solutions aqueuses de savon ou du savon sec, par des dissolvants appropriés, peuvent conduire à certains mécomptes, par suite de la dissociation partielle du savon au cours des opérations préliminaires. J'ai donc adopté la technique suivante, qui n'est qu'une modification du procédé de MORAWSKI et DEMSKI (3).

Le résidu de la détermination de l'indice de saponification est additionné de quelques gouttes de solution N/10 alcaline, pour faire revenir la coloration rouge, et introduit dans une ampoule à décantation. On ajoute alors 25 à 30 cm³ d'éther de pétrole, distillant au-dessous de 60°, et on agite. On soutire la solution sous-jacente, que l'on traite encore deux ou trois fois avec la même quantité de dissolvant. On réunit les solutions éthérées et on les lave, 5 ou 6 fois, avec de l'eau distillée. On recueille alors l'éther de pétrole dans une fiole tarée ; on le distille, et on pèse le résidu après dessiccation.

(1) LEWKOWITSCH, *Technologie et analyse chimiques des huiles, graisses et cires*, 361, trad. BONToux, Paris, 1916.

(2) ANDRÉ, *Bull. Soc. Chim.*, (4), XXIX, 475, 1921.

(3) MORAWSKI et DEMSKI, *Dingl. Journ.*, (d'après CHERCHEFFSKY, *Analyse générale des corps gras et cires*, II, 664, Paris, 1903).

Détermination de l'indice d'iode

Après avoir employé tout d'abord, pour cette détermination, la méthode classique de HÜBL, je l'ai abandonnée rapidement pour adopter celle de WIJS. Pour justifier cette préférence, il me suffira de relater ci-dessous les résultats que les deux méthodes m'ont fournis avec les huiles des Mercuriales.

Méthode de HÜBL.

L'application de cette méthode aux huiles siccatives est d'autant plus délicate que les inconvénients qu'elle présente augmentent avec l'indice d'iode lui-même. Les résultats suivants, obtenus en 1914 avec un échantillon d'huile de Mercuriale annuelle, montrent l'influence exercée sur l'indice d'iode par deux facteurs de l'absorption : le temps de contact et l'excès de réactif.

I. — Influence du temps de contact.

(Indices de HÜBL obtenus avec un excès d'iode de 60 %).

DURÉE DE L'ABSORPTION	INDICES
—	—
2 heures	197,5
4 —	203,4
6 —	206,5
12 —	208,3
24 —	210,2

II. — Influence de l'excès d'iode.

(Indices de HÜBL obtenus après un contact de 8 heures).

EXCÉDENT D'HALOGENE	INDICES
—	—
10 %	174,7
20 —	187,1
40 —	190,0
60 —	207,1
90 —	210,0

Ces déterminations, faites avec des mélanges iodo-mercuriques récents, montrent que l'indice de HÜBL est influencé,

d'une façon considérable, par l'excès d'halogène et par la durée de la réaction.

Il s'ensuit que si l'on s'en tenait aux prescriptions insuffisantes de notre méthode officielle, les indices obtenus seraient loin de représenter le maximum d'absorption d'iode.

Ces quelques indications suffisent pour donner un aperçu des écueils que présente le procédé de HÜBL ; aussi, me semble-t-il inutile d'insister sur l'influence notable exercée par d'autres facteurs de l'absorption, tels que l'âge et l'acidité du réactif. Il est d'ailleurs possible d'éviter ces deux causes d'irrégularité en utilisant, selon les indications données par AUGUET (1), une liqueur de HÜBL suffisamment acide.

Détermination de l'indice de HÜBL. — Il résulte de ce qui précède que, pour obtenir des indices comparables avec les huiles siccatives, il est nécessaire de prolonger pendant vingt-quatre heures la durée de la réaction ou de faire agir, pendant huit heures, un excès considérable de mélange iodo-mercurique (5 cm³ par centigramme d'huile).

C'est ce dernier mode opératoire que j'ai adopté pour déterminer les indices de HÜBL de quelques échantillons :

Prise d'essai	0 gr,10
Chloroforme	25 cm ³
Mélange iodo-mercurique.....	50 cm ³
Temps de contact.....	8 heures

Mais il est évident que, même effectuée dans les conditions les plus favorables à l'absorption, la détermination de l'indice de HÜBL des huiles siccatives reste une opération lente et incommode sous bien des rapports.

Méthode de WUS

Cette méthode possède sur la précédente des avantages incontestables que mettent en évidence les résultats suivants, obtenus avec le même échantillon d'huile de Mercuriale annuelle.

(1) AUGUET, Etude comparative de la méthode de HÜBL et de la méthode de WUS pour la détermination de l'indice d'iode des corps gras (*Ann. des Falsif.*, 459-475, 1912).

Indices obtenus avec la solution de WIJS

TEMPS DE CONTACT	EXCÈS D'HALOGÈNE			
	20 %	40 %	60 %	70 %
5 minutes	170,5	205,4	211,1	212,5
15 —	178,9	210,3	212,7	213,0
30 —	191,5	212,6	213,0	213,2
60 —	195,0	213,0	213,3	213,4
2 heures	200,2	213,3	213,4	213,5

Il résulte de ces essais :

1° Qu'en présence d'une quantité de réactif insuffisante, les indices de WIJS sont variables comme les indices de HÜBL ;

2° Que la rapidité de l'absorption croît, comme dans l'essai de HÜBL, avec la proportion d'halogène mise en réaction ;

3° Qu'un excédent de chlorure d'iode de 60 à 70 %, soit 2 cm³ à 2 cm³,5 de réactif par centigramme d'huile, rend l'addition presque instantanée.

A excès de réactif égal, la méthode au chlorure d'iode est donc susceptible de fournir, instantanément, un résultat que le procédé de HÜBL ne peut donner en vingt-quatre heures.

Ces données confirment les constatations faites par différents auteurs, en ce qui concerne l'huile de Lin, à savoir que les indices de WIJS ne dépendent que pour une part relativement faible des conditions expérimentales.

Détermination de l'indice de WIJS. — L'excédent d'halogène préconisé par WIJS correspondant à l'optimum d'absorption des huiles siccatives, j'ai suivi exactement, pour mes déterminations, les prescriptions de l'auteur (1) :

Dans une fiole conique de 200 cm³, bouchée à l'émeri, on pèse directement 0 gr, 10 à 0 gr, 12 d'huile ; on ajoute 10 cm³ de tétrachlorure de carbone et, très exactement, 25 cm³ de solution de chlorure d'iode. Au bout d'une heure de contact, on titre l'excès d'iode, après addition de 10 cm³ de solution d'iodure de potassium à 10 % et de 100 cm³ d'eau distillée.

(1) A. WIJS, *Pharm. Weekbl. v. Nederland*, XXXIX, 562-571, 1902.

Il convient de remarquer qu'en fait, cet essai peut être effectué, sans grand inconvénient, en une demi-heure. L'absorption n'augmentant plus sensiblement au delà de cette limite, il est préférable, dans certains cas, de renoncer à un gain de quelques dixièmes pour acquérir le bénéfice de la rapidité.

Enfin, la détermination de l'indice de W_{IJS} se trouve notablement simplifiée, du fait que la stabilité des solutions de chlorure d'iode rend inutile, dans la plupart des cas, le traditionnel essai à blanc.

Stabilité des solutions de chlorure d'iode. — Il résulte des travaux de W_{IJS} (1) et de LEWKOWITSCH que les solutions de chlorure d'iode se conservent parfaitement lorsqu'elles sont exemptes de toute trace de chlorure, et que leur stabilité est d'autant plus grande que l'acide acétique employé à leur préparation est moins hydraté et plus pur.

Bien que ces conditions soient faciles à réaliser, la liqueur de W_{IJS} obtenue en dissolvant, comme on le fait généralement, 16 gr. 6 du mélange $ICl_3 + I_2$ dans un litre d'acide acétique, ne semble pas offrir le maximum de stabilité, sans doute parce que certains échantillons de trichlorure d'iode du commerce n'ont pas toute la pureté désirable. C'est ainsi qu'une solution que j'avais préparée de la sorte en octobre 1913 était absolument inutilisable en juillet 1919.

Le titre de cette liqueur qui, exprimé en iode, s'élevait à 2,50 % au moment de sa préparation, était descendu finalement à 1,13 % ; soit une perte de 1,37 % en six ans.

C'est également ce qui semble résulter des recherches de MEIGEN et WINOGRADOV (2), qui ont étudié la diminution de titre de diverses liqueurs employées pour la détermination de l'indice d'iode. Ces auteurs donnent, en ce qui concerne la liqueur de W_{IJS} , les chiffres suivants, qui indiquent le nombre de centimètres cubes de solution d'hyposulfite de soude N/10 absorbés par 25 cm³ de solution de monochlorure.

(1) A. W_{IJS} , *loc. cit.*

(2) MEIGEN et WINOGRADOV, *Zeitschr. f. angew. Chem.*, (d'après *Mon. Scient.*, (5), VII, 107, 1917).

AGE DE LA LIQUEUR	NOMBRE DE CM ³ DE SOLUTION D'HYPOSULFITE N/10
Fraîchement préparée.....	54,1
1 jour.....	54,0
2 —	53,6
5 —	53,1
7 —	52,8
26 —	52,0
71 —	49,1

Ces résultats dénotent un affaiblissement insignifiant comparativement à l'altération rapide du mélange iodo-mercurique, mais considérable en face de la stabilité des solutions que l'on peut obtenir en suivant le premier procédé de Wils (1).

Voici en effet les variations subies, de 1913 à 1919, par un réactif au chlorure d'iode, préparé en faisant passer un courant de chlore dans une solution acétique d'iode.

DATE DES ESSAIS	TITRE EXPRIMÉ EN CM ³ D'HYPOSULFITE N 10, employés pour 25 cm ³ de sol d'ICl
10 décembre 1913	49,5
30 janvier 1914.....	49,5
23 avril 1914.....	48,6
20 mai 1914.....	48,6
28 juillet 1914.....	48,0
25 juillet 1919.....	39,5

On voit par là que les solutions de monochlorure d'iode peuvent conserver leur titre pendant plus d'un mois, et leur activité pendant des années. Elles constituent donc de véritables liqueurs titrées qu'il suffit de contrôler mensuellement.

Préparation de la solution de monochlorure d'iode. — Elle s'effectue facilement, en adoptant le mode opératoire suivant :

On dissout 16 grammes d'iode dans 1.200 cm³ d'acide acétique pur à 99,5 %. Après avoir déterminé, sur 10 cm³, le titre *n* de la solution, on en prélève un litre que l'on soumet à un courant de chlore pur et sec jusqu'à transformation de l'iode en monochlorure, ce que l'on reconnaît, approximativement, au changement de coloration de la liqueur. On s'assure que ce résultat est atteint en prenant, sur 10 cm³, le nouveau

(1) A. Wils, *Ber. d. deutsch. Chem. Gesellsch.*, XXXI, 750, 1898.

titre n' de la solution ; n' doit être égal à $2 n$. S'il lui est supérieur, il suffit d'ajouter à la solution de chlorure d'iode un volume du liquide mis en réserve égal à :

$$\frac{(n' - 2 n) 990}{n}$$

Un faible excès d'iode n'offrant aucun inconvénient et contribuant, au contraire, à la stabilité de la solution, il sera toujours préférable d'en ajouter quelques centimètres cubes en excès.

Cette préparation n'est guère plus longue que celle qui consiste à partir du trichlorure d'iode commercial et offre au moins l'avantage de fournir un réactif d'une fixité remarquable.

Solution concentrée de monochlorure d'iode. — Il est parfois avantageux de posséder un réactif concentré, qu'il suffit de diluer au moment du besoin avec de l'acide acétique pur.

Pour préparer une solution cinq fois plus forte que celle de WUS, il suffit d'introduire, dans un flacon de WOLF de dimensions convenables, 80 grammes d'iode finement pulvérisé avec 1.200 cm³ d'acide acétique pur, et de faire barboter, dans cette suspension d'iode, un courant de chlore sec. Lorsque la teinte de la solution indique que la transformation de l'iode en monochlorure est accomplie, on arrête l'opération et l'on fait disparaître, s'il y a lieu, l'excès de chlore, en ajoutant au liquide une quantité calculée d'iode pulvérisé.

Pour l'usage, il suffit d'introduire, au moment du besoin, 20 cm³ de la solution concentrée dans un ballon jaugé, et d'amener le volume à 100 cm³ avec de l'acide acétique à 99,5 %.

Comme les solutions normales, les solutions concentrées de chlorure d'iode sont d'une stabilité remarquable. C'est ainsi que j'ai eu l'occasion d'utiliser, en 1924, un réactif concentré qui avait été préparé en 1908 (1), et dont voici les variations :

	TITRE EXPRIMÉ	
	En cm ³ d'hyposulfite N/10 pour 5 cm ³ de réactif	En iode %
8 janvier 1908	52,5	13 ^{gr} ,33
8 — 1924	48,0	12,19

(1) Je dois cet échantillon à l'obligeance de M. REMY, Pharmacien principal à l'Hôpital militaire de Nancy.

Soit une perte de titre de 1,14 %, après seize ans de conservation.

De tels résultats permettent de considérer les solutions de monochlorure d'iode comme pratiquement invariables. Et il est évident que les avantages offerts par cette stabilité sont suffisamment appréciables pour que l'on n'hésite pas à les préparer de toutes pièces.

En résumé, les données qui précèdent conduisent aux conclusions suivantes :

1° La méthode de HÜBL ne peut donner des résultats concordants, avec les huiles à indice d'iode élevé, qu'à la condition de prolonger pendant vingt-quatre heures la durée de la réaction, ou de faire agir, pendant huit heures, 5 cm³ de mélange iodo-mercurique par centigramme d'huile. Toutefois, même obtenu dans ces conditions, l'indice de HÜBL est sous l'influence directe d'un si grand nombre de facteurs étrangers, que sa détermination est exposée à des divergences inévitables.

2° La méthode de WJS constitue la technique de choix qu'il convient d'appliquer aux huiles siccatives, car elle permet d'atteindre, en peu de temps, le maximum d'absorption d'iode, tout en n'utilisant que 2 cm³ à 2 cm³,5 de réactif par centigramme d'huile ;

3° Son application aux huiles des Mercuriales met en relief, une fois de plus, les avantages déjà signalés par tous ceux qui l'ont adoptée, c'est-à-dire la possibilité d'obtenir rapidement des résultats précis et constants, au moyen de véritables liqueurs titrées :

4° Comme avec les autres huiles, la technique de WJS fournit, avec les huiles siccatives, des résultats un peu plus élevés que le procédé de HÜBL. L'écart constaté entre les deux indices, déterminés dans les conditions précédemment indiquées, atteint environ 3 unités.

La principale conséquence qui découle de ces constatations, c'est que l'adoption d'une méthode uniforme de détermination de l'indice d'iode s'impose. Il est, en effet, inadmissible qu'une constante analytique aussi précieuse puisse dépendre des conditions expérimentales qui servent à la déterminer. On ne peut donc que s'étonner de la place prépondérante que la méthode de HÜBL continue à occuper parmi les méthodes analytiques officielles, au détriment de la méthode de WJS. Depuis plus de

vingt ans, cette dernière n'a cessé de recevoir de nombreuses consécérations pratiques, et les avantages incontestables qu'elle présente, sur la méthode de HÜBL et sur les différentes techniques proposées depuis quelques années, devraient suffire à la faire adopter universellement.

Séparation des acides saturés et non saturés. — La méthode de séparation de TORTELLI et RUGGERI — basée sur la solubilité, dans l'éther sulfurique, des sels de plomb des acides liquides et sur l'insolubilité des sels de plomb des acides solides — ne m'a pas donné de résultats satisfaisants.

En raison de l'aptitude particulière que possèdent les combinaisons plombiques des acides linoléiques et linoléniques d'absorber l'oxygène de l'air, il est impossible d'éviter complètement leur oxydation, même en conduisant les différentes manipulations dans un courant d'anhydride carbonique. Aussi n'ai-je réussi à isoler, par ce procédé, que des acides liquides dont l'indice d'iode absolu n'était guère supérieur à celui des acides gras mélangés.

Au contraire, la méthode de DAVID (1), qui repose sur la différence de solubilité des sels ammoniacaux des acides gras, dans un grand excès d'ammoniaque liquide et à la température de 13-14°, m'a permis d'obtenir des acides liquides dont l'indice d'iode dépassait de 5 unités ceux que j'avais obtenus précédemment.

Le mode opératoire prescrit par l'auteur est simple et rapide. Il consiste à dissoudre 2 grammes d'acides mélangés dans 2 cm³ d'alcool à 95° et à additionner cette solution de 50 cm³ d'ammoniaque pure à 22°. Le mélange est chauffé légèrement, puis abandonné pendant plusieurs heures à 14°. Les sels ammoniacaux des acides saturés précipitent ; on les recueille sur un filtre et on les lave avec de l'ammoniaque pure, jusqu'à ce que le filtrat ne donne plus le moindre louche avec de l'eau de baryte. On verse alors sur le filtre de l'acide chlorhydrique dilué, pour décomposer le sel ammoniacal. L'acide concret est lavé à l'eau distillée, détaché du filtre, séché et pesé.

Le liquide filtré, qui contient les sels ammoniacaux des acides

(1) DAVID, Méthode d'analyse des corps gras par séparation des acides gras concrets d'avec les acides liquides, *C. R. Ac. Sc.*, CLI, 756, 1910.

non saturés, est décomposé à chaud par l'acide chlorhydrique, et les acides liquides mis en liberté sont lavés et séchés à l'éluve.

Dans le cas présent, j'ai recueilli les sels ammoniacaux solubles dans une ampoule à robinet et les ai décomposés par une quantité suffisante d'acide chlorhydrique, en évitant toute élévation de température. Les acides gras libérés furent alors dissous dans 50 cm³ d'éther sulfurique ; la couche éthérée fut lavée deux fois avec de l'eau distillée bouillie, puis déshydratée au moyen de chlorure de calcium desséché, et évaporée dans le vide sulfurique.

L'indice d'iode le plus élevé que j'ai obtenu avec des acides liquides ainsi préparés a atteint 240, pour une huile de Mercuriale annuelle provenant de graines récoltées en octobre 1919.

Le procédé des sels ammoniacaux, remarquable par sa simplicité, semble donc particulièrement recommandable pour l'analyse des huiles siccatives, car il présente l'avantage de réduire au minimum l'oxydation des acides gras liquides.

CHAPITRE PREMIER

Mercuriale annuelle (*Mercurialis annua* L.)

Caractères extérieurs de la graine. — La graine de Mercuriale annuelle est petite, ovoïde ; elle possède, à l'une de ses extrémités, une caroncule blanchâtre qui recouvre l'impression peu apparente du hile. Sa coque est lisse ou chagrinée et présente une teinte gris clair, brun rougeâtre ou bleu. Elle renferme une amande blanche formée par un embryon foliacé, entouré d'un albumen riche en huile.

Les dimensions des graines varient, dans de larges limites, avec leur maturité. Il en est de même de leur couleur et de leur poids.

Dimensions : 1 mm, 9 à 2 mm, 5 de longueur, sur 1 mm, 4 à 1 mm, 9 de diamètre.

Poids de 1.000 graines : 1 gr, 40 à 3 gr.

La graine de Mercuriale annuelle possède une saveur peu marquée et son odeur rappelle légèrement celle de la plante. Contrairement à l'assertion de BERNBECK (1), elle n'est pas toxique.

Composition chimique. — Les résultats de mes différentes analyses permettent d'établir, comme suit, la composition élémentaire moyenne de la graine de Mercuriale annuelle :

Eau.....	6 ^{gr} ,80	p. 100
Matière grasse.....	38 , 05	—
Matières protéiques.....	13 , 55	—
Cellulose.....	31 , 91	—
Sucre réducteur.....	0 , 09	—
Sucre hydrolysable.....	1 , 29	—
Matières amylacées.....	0 , 39	—
Cendres.....	7 , 92	—

(1) C. BERNBECK, Samen der *Mercurialis annua* als Vergiftungsursache der Hühner (Arch. d. Pharm., CCXXIV, 799, 1886).

L'huile de Mercuriale annuelle

Les graines de Mercuriale annuelle renferment 35 à 40 % de matière grasse. Elles fournissent, par expression à froid, une huile limpide, de couleur jaune pâle, de saveur douce, dont l'odeur rappelle vaguement celle de la plante.

L'éther de pétrole permet l'épuisement complet des graines ; il donne une huile ayant la même coloration et la même limpidité que celle de pression. Par contre, les autres dissolvants fournissent des produits plus ou moins verdâtres.

ANALYSE DE L'HUILE

Echantillon obtenu, en janvier 1914, par expression de graines récoltées en octobre-novembre 1913 (matière grasse = 37,69 %).

1° Caractères physiques.

Couleur.....	Jaune pâle (n° 206 du code des couleurs) (1)
Densité (15°/15°).....	0,9364
Pouvoir rotatoire.....	— 8'
Examen spectroscopique.....	Pas de bande d'absorption
Indice de réfraction { à 15°.....	1,4859
à 22°.....	1,4833
Température critique de dissolution selon CRISMER, avec alcool D = 0,7967 et en tube ouvert.....	66°,2
Point de congélation.....	— 17°,5

2° Caractères chimiques.

Acides gras libres { en mgr. KOH p. 1 gr.....	1,3
en acide oléique p. 100 gr.....	0,69
Acides gras solubles (PLANCHON) { en cm ³ KOH N/10 p. 150 cm ³ ..	0,6
en acide butyrique p. 100 gr..	0,10
Acides gras insolubles + insaponifiable (HEHNER).....	95,49%
Acides gras volatils (REICHERT-WOLNY) { solubles (en cm ³ KOH N 10) ..	0,1
insolubles (en cm ³ KOH N 10) ..	0,1
Indice de saponification.....	191,2
Indice d'iode { HÜBL.....	210,2
WILS.....	213,5
Indice d'acétyle (LEWKOWITSCH).....	6,2
Glycérides bromés insolubles dans l'éther sulfurique (HEHNER et MITCHELL).....	71,3%
Matières insaponifiables.....	0,45%

(1) KLINCKSIECK et VALETTE, *Code des couleurs*, Paris, 1908.

3° Réactions qualitatives.

Essai de l'élaïdine	Négatif
— de BELLIER à l'aldéhyde formique.....	—
— sulfocarbonique de HALPHEN	—
— de VILLAVECCHIA et FABRIS	—
— de BECCHI et MILLIAU.....	—
— de TOCHER au pyrogallol.....	—
— bromé de HALPHEN	Précipité immédiat
— de BLAREZ (recherche de l'acide arachidique)....	Positif
— de BELLIER — — —	—

4° Caractères physiques et chimiques des acides gras (1).

Acides gras totaux :

Point de solidification (titre)	22°,2
Indice de réfraction à 40°	1,4687
Indice d'iode (WLS).....	223,4
Indice de neutralisation.....	196,0
Proportion d'acides liquides (calculée d'après les indices d'iode)..	94,8 %
Proportion d'acides solides.....	5,2 %

Acides gras liquides :

Indice de réfraction à 15°	1,4790
Indice d'iode (WLS)	235,5
Dérivés bromés en solution acétique (HEHNER et MITCHELL)	35,5 %

Parmi tous ces résultats analytiques, ceux qui caractérisent nettement l'huile de Mercuriale annuelle et méritent d'attirer plus spécialement l'attention sont les suivants :

- 1° Forte densité ;
- 2° Indice de réfraction élevé ;
- 3° Indice d'iode surpassant celui de toutes les autres huiles végétales (2) ;

4° Pourcentage considérable de glycérides bromés insolubles dans l'éther sulfurique.

Ces caractéristiques permettent de classer l'huile de Mercuriale annuelle au premier rang des huiles siccatives, et la proportion notable de ses dérivés bromés laisse à présumer qu'elle doit l'emporter sur l'huile de Lin par sa teneur en composés linoléniques.

(1) L'étude des acides gras fera l'objet d'un travail ultérieur.

(2) Jusqu'alors, c'est l'huile de *Perilla* qui possédait l'indice d'iode le plus élevé : 206,1.

Elle se distingue en outre de la plupart des huiles :

5° Par son indice de CRISMER peu élevé ;

6° Par la présence de l'acide arachidique, ou d'un acide analogue insoluble dans l'alcool à 70°.

Variation des constantes de l'huile de Mercuriale annuelle.

1° Huiles extraites au moyen des dissolvants.

Le tableau I donne, comparativement aux constantes de l'huile de pression, les caractères des huiles extraites par l'éther de pétrole et par l'éther sulfurique.

Les trois échantillons proviennent de graines récoltées en octobre-novembre 1913 et traitées en janvier 1914.

TABLEAU I

CARACTÈRES	HUILE de PRESSION	HUILE EXTRAITE par l'éther de pétrole	HUILE EXTRAITE par l'éther sulfurique
Couleur.....	jaune pâle	jaune pâle	jaune verdâtre
Densité à 15°.....	0,9364	0,9362	0,936
Indice de réfraction à 15°.....	1,4859	1,4857	1,4857
Examen spectroscopique.....	0	0	3 bandes
Indice de CRISMER.....	66°2	62°4	65°2
Acidité (en acide oléique p. 100).....	0,69	2,98	1,92
Indice de saponification.....	191,2	190,9	190,8
Indice de HEHNER.....	95,4	95,2	95,8
Indice d'iode (HÜBL).....	210,2	208,1	208,0
Indice d'iode (WLS).....	213,5	210,3	210,0
Indice de REICHERT-WOLNY.....	0,1	0,3	0,2

Ces résultats montrent que les huiles fournies par les dissolvants diffèrent légèrement des huiles de pression. Les premières se distinguent notamment par leur richesse en acides libres, ce qui est dû, ainsi que je l'ai fait remarquer page 28, à leur mode de préparation. En même temps, la densité, l'indice de réfraction et l'indice d'iode sont un peu plus faibles. Enfin, les huiles extraites par l'éther sulfurique, de même que celles

que l'on peut obtenir par le chloroforme et le sulfure de carbone, sont plus ou moins verdâtres.

2° Influence de l'âge des graines sur les propriétés de l'huile.

Récemment ou anciennement, les graines de *Mercuriale annuelle* fournissent des huiles parfaitement limpides, de couleur normale, n'abandonnant aucun dépôt. C'est pourquoi il me semble intéressant d'exposer ci-dessous les variations de composition qui peuvent résulter de l'âge des graines employées à la préparation de la matière grasse.

Dans le tableau II, sont consignés le poids spécifique, l'indice de réfraction, l'indice d'iode et l'acidité d'échantillons provenant de graines âgées de 15 jours à 10 ans.

TABLEAU II

ÉPOQUE de la RÉCOLTE	DATE de la FABRICATION	ÂGE des GRAINES	DENSITÉ à 15°	INDICE de réfraction à 15°	INDICE d'iode (Wils)	ACIDITÉ en acide oléique p. 100
Oct.-Nov. 1913.	janvier 1914	3 mois	0,9364	1,4859	213,5	0,69
	décembre 1923	10 ans	0,9366	1,4860	212,3	1,95
Oct.-Nov. 1914.	septembre 1919	5 ans	0,9363	1,4860	213,8	1,44
	septembre 1920	15 jours	0,9353	1,4853	208,1	0,16
Août 1920	janvier 1921	4 mois	0,9353	1,4853	208,0	0,44
	août 1922	1 mois	0,9348	1,4850	206,5	0,48
Juillet 1922.....	juillet 1923	1 an	0,9348	1,4850	206,8	0,79

Les résultats obtenus montrent que l'on peut utiliser, comme matière première, des graines, fraîches ou vieilles, sans que les principales constantes de l'huile en soient sensiblement modifiées. Bien que croissant progressivement avec l'âge, la teneur en acides gras libres reste peu élevée et indique une excellente conservation du contenu cellulaire des graines.

3° Variation des constantes de l'huile au cours de sa conservation.

Influence de l'air. — Tandis que les résultats précédents montrent l'influence insignifiante de l'oxydation atmosphérique sur l'huile qui est incluse dans les graines, les documents sui-

vants indiquent les modifications subies par celle qui en est extraite.

Le tableau III correspond à des échantillons obtenus au début de 1914 et conservés, jusqu'en juillet 1919, à l'obscurité, en fioles imparfaitement remplies et bouchées au liège. A cette date, leur couleur n'avait guère varié. Le réactif de VIEDMANN (1), qui permet de caractériser les graisses rances, ne donnait avec ces huiles qu'une coloration rouge de faible intensité.

TABLEAU III

CARACTÈRES	HUILE DE PRESSION		HUILE EXTRAITE PAR l'éther de pétrole	
	à l'origine	après 5 ans $\frac{1}{2}$	à l'origine	après 5 ans $\frac{1}{2}$
Densité à 15°.....	0,9364	0,9368	0,9362	0,937
Indice de réfraction à 15°.....	1,4859	1,4861	1,4857	1,4859
Indice d'iode (Wils).....	213,5	212,4	210,3	209,0
Indice de saponification.....	191,2	191,7	190,9	192,5
Indice d'acide (en acide oléique %).	0,69	0,79	2,98	3,65
Acides solubles (en acide butyrique %)	0,10	0,20	0,13	0,35
Indice de REICHERT-WOLNY.....	0,1	0,6	0,3	1,3

Les résultats fournis par l'analyse révèlent une faible production d'acides gras libres, solubles et volatils, un accroissement peu accusé de la densité et une diminution très légère de l'indice d'iode. Ils n'indiquent donc qu'une hydrolyse insignifiante et une oxydation sensiblement nulle.

Si l'on songe que, par sa nature même, l'huile de Mercuriale annuelle est exposée plus que toutes les autres à s'oxyder, on est autorisé à conclure que, dans le cas présent, elle n'a subi, en cinq ans, que des modifications peu importantes.

Toutefois, ces données ne prouvent nullement qu'elle peut se conserver indéfiniment, sans précautions spéciales. Les observations suivantes montrent, au contraire, qu'elle absorbe l'oxygène avec facilité.

Deux échantillons identiques, préparés en octobre 1920 à

(1) D'après HALPHEN, *Huiles et graisses végétales*, 29, 1912.

l'aide de graines récoltées en octobre-novembre 1919, avaient été conservés : l'un, dans une fiole à étroite ouverture, bouchée au liège et complètement remplie ; l'autre, dans un flacon également bouché au liège, mais à large ouverture et à moitié plein.

Les deux fioles furent abandonnées à l'obscurité jusqu'à octobre 1924. A cette époque, le premier échantillon avait gardé sa couleur primitive et ne donnait aucune coloration avec le réactif de VIEDMANN. Le second échantillon, au contraire, était presque entièrement décoloré. Il donnait avec le réactif de VIEDMANN une coloration instantanée et, par chauffage avec la solution alcoolique de potasse, un savon foncé qui rendait difficile la détermination de l'indice de saponification.

Le tableau IV résume les modifications constatées dans la composition des deux échantillons, après quatre ans de conservation.

TABLEAU IV

CARACTÈRES	A L'ORIGINE	APRÈS 4 ANS DE CONSERVATION	
		Echantillon n° 1	Echantillon n° 2
Densité à 15°.....	0,9363	0,9366	0,955
Indice de réfraction à 15°.....	1,4860	1,4861	1,4890
Indice d'iode (WILS).....	215,5	214,8	194,5
Indice de saponification.....	191,1	191,4	199,2
Indice d'acide (en acide oléique p. 100).....	0,67	1,02	2,24
Acides solubl ^{es} (en acide butyrique p. 100).....	0,10	0,21	1,72
Acides volatils solubles (en KOH N/10).....	0,1	0,4	2,3
Acides volatils insolubles (en KOH N 10).....	0,1	0,4	0,8

Il est facile de se rendre compte que si le premier échantillon a conservé des indices normaux, le second a subi une altération profonde. Cette altération consiste en une hydrolyse notable, accompagnée d'une forte oxydation que traduisent l'augmentation considérable de la densité et de l'indice de réfraction, ainsi que l'affaiblissement important de l'indice d'iode.

L'huile de Mercuriale annuelle est donc très oxydable, mais

on voit que cette altérabilité ne constitue pas un obstacle à sa conservation.

Influence de la lumière. — J'ai soumis à l'ensoleillement un échantillon préparé en juillet 1923, avec des graines récoltées deux ans auparavant. Dès l'expression, l'huile fut répartie, dans le vide, en ampoules de 10 cm³ remplies aussi complètement que possible et fermées à la flamme.

Ces ampoules furent disposées horizontalement dans un endroit éclairé par le soleil huit à dix heures par jour. L'expérience fut poursuivie du 15 juillet au 1^{er} septembre 1923, date à laquelle les échantillons étaient complètement décolorés. Durant cette période, ils avaient subi l'action du soleil pendant 236 heures.

Comme le fait voir le tableau V, l'analyse n'a décelé aucune altération dans les constantes de l'huile insolée.

TABLEAU V

CARACTÈRES	A L'ORIGINE	APRÈS L'ENSO- LEILLEMENT
Couleur.....	jaune pâle	incolore
Densité à 15°.....	0,9352	0,9352
Indice de réfraction à 15°.....	1,4852	1,4853
Indice d'iode (Wils).....	207,9	207,6
Acidité (en acide oléique %) ..	0,82	0,82

La seule action de la lumière ne semble donc pas susceptible d'altérer les caractères de l'huile de *Mercurialis annua*.

L'huile de *Mercurialis ambigua*.

La *Mercurialis dioïque* de nos contrées septentrionales est remplacée, à peu près complètement, dans la région méditerranéenne par une forme monoïque : le *Mercurialis annua* L. var. *ambigua*. Il m'a donc semblé intéressant d'examiner les graines de cette forme voisine (1).

(1) J'adresse ici mes plus vifs remerciements à M. MAIRE, professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, qui a bien voulu me procurer les graines de *Mercurialis ambigua* destinées aux diverses expériences relatées dans ce travail.

Voici les résultats analytiques correspondant à l'huile que j'ai pu en extraire, en 1920, par expression à froid.

Caractères physiques et chimiques.

(Matière grasse : 35,73 %) :

Couleur.....	jaune pâle
Densité à 15°.....	0,9348
Indice de réfraction à 15°.....	1,4848
Indice de CRISMER.....	65°
Acides libres { en mgr. KOH p. 1 gr.....	2,07
{ en acide oléique % gr.....	1,04
Acides solubles (PLANCHON) { en cm ³ KOH N/10 p. 150 cm ³	0,6
{ en acide butyrique % gr.....	0,10
Indice de saponification.....	190,8
Indice d'iode { HÜBL.....	203,0
{ WIES.....	205,9
Indice de HEHNER.....	95,62
Indice de REICHERT-WOLNY.....	0,3
Glycérides bromés insolubles dans l'éther sulfurique.....	65,8 %
Matières insaponifiables.....	0,92 %

Il ressort de cette analyse que l'huile de *Mercurialis ambigua* est identique à celle de *Mercurialis annua*.

Résultats comparatifs fournis par les différentes huiles de *Mercuriale annuelle*.

Afin de mettre en évidence les variations des résultats analytiques obtenus, j'ai groupé les principaux caractères des huiles analysées dans le tableau VI, qui comprend en outre les maxima et les minima observés pour chaque détermination.

Les graines qui m'ont servi au cours de cette étude furent toutes récoltées à Magneux (Haute-Marne), et sur un même terrain ; de telle sorte que les divers échantillons obtenus sont comparables entre eux.

La comparaison de tous ces résultats conduit aux observations suivantes :

1° La composition des huiles de *Mercuriale annuelle* ne varie, pour la plupart des indices, que dans de faibles limites ;

2° On peut considérer la densité, l'indice de réfraction et l'indice d'iode comme des caractéristiques permettant, à elles seules, de distinguer les huiles de *Mercuriale annuelle* des autres huiles végétales ;

TABLEAU VI. — RÉSULTATS COMPARATIFS FOURNIS PAR LES DIFFÉRENTES HUILES DE MERCURIALE ANNUELLE (1913-1923)

ÉPOQUE de la RÉCOLTE	MATIÈRE GRASSE %	AGE des GRAINES traitées	MODE d'OBTEN- TION de l'huile	ÉPOQUE de l'ANALYSE	DENSITÉ à 15°	INDICE DE RÉFRACTION à 15°	INDICE DE CHISMER	ACIDITÉ (en acide élaïque %)	INDICE (d'ode (Wiss))	INDICE (d'ode (Hübl))	INDICE de saponification	ACIDES SOLIBLES (en acide butyrique %)	INDICE DE REICHERT-WOLFF	INDICE D'ACTYLE	GLYCÉRIDES BROMÉS %	INSAPU- NIFIABLE %
1913 (oct.-nov.).	37,69	3 mois	Pression Ether de pétrole/après 5 ans 1/2	à l'origine après 5 ans 1/2 à l'origine	0,9364	1,4859	66°2	0,69	213,5	210,2	191,2	0,10	0,1	6,2	71,3	0,45
					0,9368	1,4861	"	0,79	212,4	"	191,7	0,20	0,6	"	"	"
					0,9362	1,4857	62°4	2,98	210,3	208,1	190,9	0,13	0,3	"	69,0	"
1914 (oct.-nov.).	37,69	3 mois	Pression Ether de pétrole/après 5 ans 1/2	à l'origine après 5 ans 1/2 à l'origine	0,937	1,4859	"	3,65	209,0	"	192,5	0,35	1,3	"	"	"
					0,936	1,4857	65°2	1,92	210,0	208,0	190,8	0,13	0,2	"	67,9	"
					0,937	1,4859	"	2,66	208,7	"	192,6	0,38	1,4	"	"	"
1919 (oct.-nov.).	37,69	3 mois	Pression Ether de pétrole/après 5 ans 1/2	à l'origine après 5 ans 1/2 à l'origine	0,9366	1,4860	65°4	1,95	212,3	"	191,3	0,17	0,2	"	"	"
					0,9363	1,4860	64°8	1,44	213,8	"	191,7	0,22	0,8	"	"	0,77
					0,9352	1,4852	"	0,72	207,8	"	191,1	0,10	0,2	"	"	"
1920 (oct.-nov.).	37,69	3 mois	Pression Ether de pétrole/après 5 ans 1/2	à l'origine après 5 ans 1/2 à l'origine	0,9363	1,4860	"	0,67	215,5	212,1	191,1	0,10	0,1	5,9	80,3	0,71
					0,9353	1,4853	67°8	0,16	208,1	"	191,2	0,10	0,1	"	"	"
					0,9353	1,4853	"	0,44	208,0	"	191,2	"	"	"	"	0,62
1921 (juillet).	38,96	2 ans	Pression Ether de pétrole/après 5 ans 1/2	à l'origine après 5 ans 1/2 à l'origine	0,9359	1,4857	"	0,51	212,5	"	191,0	"	"	4,9	"	0,65
					0,9352	1,4852	65°	0,82	207,9	"	191,0	0,13	0,2	7,8	"	0,78
					0,9348	1,4850	"	0,48	206,5	"	191,2	"	"	7,9	67,6	0,73
1922 (juillet).	38,68	1 an	Pression Ether de pétrole/après 5 ans 1/2	à l'origine après 5 ans 1/2 à l'origine	0,9348	1,4850	65°8	0,79	206,8	204,1	191,4	"	"	"	"	"
					0,9351	1,4852	"	0,59	207,6	"	190,8	"	"	5,6	"	"
					0,9358	1,4857	67°2	0,55	211,3	"	191,0	0,10	0,1	"	"	0,61
1923 (var. ambigua)	36,73	6 mois	Pression Ether de pétrole/après 5 ans 1/2	à l'origine après 5 ans 1/2 à l'origine	0,9348	1,4848	65°	1,04	205,9	203,0	190,8	0,10	0,3	7,6	65,8	0,92
					0,937	1,4861	67°8	3,65	215,5	212,4	192,6	0,38	1,4	7,9	80,3	0,92
					0,9348	1,4848	62°4	0,16	205,9	203,0	190,8	0,30	0,1	4,9	65,8	0,45

Valeurs (Maxima.
Minima.

3° Il existe une relation intime entre ces trois constantes. C'est ainsi qu'en faisant abstraction des huiles extraites par les dissolvants et de celles qui proviennent de l'expression de graines anciennes, on peut constater que les caractéristiques des huiles étudiées se répartissent ainsi :

Densité (15°)	Indice de réfraction (15°)	Indice d'iode (Wiss)
0,9348	1,4848 - 1,4850	205,9 - 206,8
0,9351 - 0,9352	1,4852	207,6 - 207,9
0,9353	1,4853	208,1
0,9358 - 0,9359	1,4857	211,3 - 212,5
0,9363 - 0,9364	1,4859 - 1,4860	213,5 - 215,5

L'indice d'iode croît donc très nettement, au fur et à mesure que la densité et l'indice de réfraction s'élèvent ;

4° Les variations de ces caractéristiques dépendent de l'époque à laquelle les graines ont été récoltées :

Les indices les plus faibles correspondent, d'une part, à l'huile de *Mercurialis ambigua* et, d'autre part, aux huiles de *Mercurialis annua*, extraites des graines d'été. Les indices les plus élevés sont fournis par les huiles de graines récoltées en octobre-novembre.

J'ai pu vérifier cette particularité chaque fois que les circonstances m'ont permis de procéder à deux récoltes annuelles, et je me propose d'instituer de nouvelles expériences en vue d'approfondir cette question.

Bien qu'on ait constaté, au cours de la maturation de la graine de Lin, une apparition tardive des acides non saturés, qui se traduit par une élévation progressive de l'indice d'iode, il semble difficile d'attribuer les écarts enregistrés ici à une différence de maturité des graines. Il est évident que celle-ci doit être plus complète en été qu'à l'automne. En outre, quelle que fût l'époque de la récolte, l'égrenage a toujours été obtenu par dessiccation et, seules, les graines libérées par la déhiscence des capsules ont servi de matériel d'étude.

D'autre part, comme je l'ai indiqué précédemment, la composition chimique des graines fraîchement récoltées ne se modifie en aucune façon au cours de leur conservation.

Enfin, en exprimant soit des grosses, soit des petites graines, je n'ai constaté aucune différence dans les constantes des huiles correspondantes,

Il semble donc que les écarts observés soient le résultat d'influences saisonnières, entraînant une maturation plus lente en automne qu'en été.

Au cours de ses recherches relatives à l'influence des conditions climatologiques sur la composition des huiles végétales, PIGOULEYSKY (1) a montré que, chez les plantes d'une même famille, le degré de saturation des acides gras dépend du climat et que, plus celui-ci est rude, plus il tend à augmenter leur degré de non saturation. Tout en confirmant cette théorie, mes observations sur la Mercuriale annuelle semblent indiquer que le principe énoncé par l'auteur est fonction non seulement du climat, mais encore des influences atmosphériques sous un même climat.

(1) PIGOULEYSKY, *Journ. Soc. phys.-chim. R.*, XLVII, 393-405, 1915 ; XLVIII, 324-341, 1916 (d'après *Bull. Soc. Chim.*, (4), XX, 205, 1916 ; (4), XXIV, 42, 1918).

CHAPITRE II

Mercuriale vivace (*Mercurialis perennis* L.)

Caractères extérieurs de la graine. — La graine de Mercuriale vivace est subglobuleuse, de couleur gris clair, parfois bleuâtre. Elle mesure 2 mm, 5 à 3 mm, 5 de diamètre et présente, à l'extrémité correspondant au hile, une caroncule blanchâtre, peu saillante.

Le tégument est lisse et mince ; il recouvre un albumen blanc, oléagineux, au milieu duquel se trouve l'embryon.

Poids de 1.000 graines : 5 à 12 gr.

Composition chimique. — La composition élémentaire de la graine de Mercuriale vivace est la suivante :

Eau.....	8gr,58 p. 100
Matière grasse.....	26 , 45 —
Matières protéiques.....	19 , 43 —
Cellulose	39 , 55
Sucre réducteur.....	0 , 30
Sucre hydrolysable	1 , 49
Matières amylacées.....	0 , 10 —
Cendres	4 , 10

L'huile de Mercuriale vivace

Les graines de Mercuriale vivace renferment 14 à 27 % de matière grasse. L'huile obtenue par expression à froid est limpide, de couleur jaune pâle, mais parfois jaune verdâtre. Sa saveur est douce ; elle n'a pas d'odeur spéciale.

Tous les dissolvants fournissent une huile plus ou moins verdâtre, mais facile à décolorer par le noir animal,

Analyse de l'huile

*Echantillon provenant de graines récoltées en mai 1919
et exprimées à froid 2 mois plus tard (Matière grasse = 27,17 %).*

1° Caractères physiques.

Couleur	jaune pâle (n° 206 du code des couleurs)
Densité (15°/15°).....	0,9346
Pouvoir rotatoire.....	— 6°
Examen spectroscopique.....	Pas de bande d'absorption
Indice de réfraction { à 15°.....	1,4846
{ à 22°.....	1,4820
Température critique de dissolution selon CRISMER, avec alcool D = 0,7967 et en tube ouvert.....	67°,6
Point de congélation	— 17°,5

2° Caractères chimiques.

Acides gras libres { en mgr. KOH p. 1 gr	0,75
{ en acide oléique p. 100 gr.....	0,38
Acides gras solubles (PLANCHON) { en cm ³ KOH N/10 p. 150 cm ³ ..	0,6
{ en acide butyrique p. 100 gr ..	0,10
Acides gras insolubles + insaponifiable (HEHNER).....	95,71 %
Acides gras volatils { solubles (en cm ³ KOH N/10).....	0,1
(REICHERT - WOLFF) { insolubles (en cm ³ KOH N/10).....	0,2
Indice de saponification	191,4
Indice d'iode { HÜBL	203,0
{ WILS	205,7
Indice d'acétyle (LEWKOWITSCH)	9,81
Glycérides bromés insolubles dans l'éther sulfurique (HEHNER et MITCHELL).....	56,2 %
Matières insaponifiables.....	0,75 %

3° Réactions qualitatives.

Essai de l'élaidine	Négatif
— de BELLIER à l'aldéhyde formique	—
— sulfocarbonique de HALPHEN.....	—
— de VILLAVECCHIA et FABRIS	—
— de BEGGI et MILLIAC	—
— de TOCHER au pyrogallol.....	—
— bromé de HALPHEN	Précipité immédiat
— de BLAREZ (recherche de l'acide arachidique).....	Positif
— de BELLIER	—

4° Caractères physiques et chimiques des acides gras.

Acides gras totaux :

Point de solidification (titre).....	21°,8
Indice de réfraction à 40°.....	1,4677
Indice d'iode (WIES).....	213,3
Indice de neutralisation.....	198,0
Proportion d'acides liquides (calculée d'après les indices d'iode) .	96,5 %
Proportion d'acides solides.....	3,5 %

Acides gras liquides :

Indice de réfraction à 15°.....	1,4772
Indice d'iode (WIES).....	220,9
Dérivés bromés en solution acétique HEHNER et MITCHELL).....	27,35 %

L'analyse de l'huile de Mercuriale vivace révèle des caractéristiques identiques à celles qui ont été signalées pour l'huile de Mercuriale annuelle :

Forte densité :

Indice de réfraction élevé ;

Faible indice de CRISMER ;

Indice d'iode supérieur à celui de l'huile de Lin ;

Quantité notable de dérivés bromés ;

Forte proportion d'acides gras non saturés ;

Présence de l'acide arachidique ou d'un acide analogue.

Résultats fournis par différents échantillons d'huile de Mercuriale vivace.

Pour mettre en évidence les résultats fournis par les différents échantillons d'huile de Mercuriale vivace que j'ai eu l'occasion de préparer au laboratoire, j'ai groupé, dans le tableau VII, les principaux indices obtenus.

La comparaison des constantes enregistrées dans ce tableau permet de tirer les conclusions suivantes :

1° La composition chimique des huiles de Mercuriale vivace ne s'écarte pas sensiblement de celle des huiles de Mercuriale annuelle ;

2° Les huiles extraites par l'éther de pétrole diffèrent notablement des huiles de pression par leurs densités et leurs indices

TABLEAU VII. — RÉSUMÉ COMPARATIF DES ANALYSES D'HUILES DE MERCURIALE VIVACE (1)

ÉPOQUE de la RÉCOLTE	MATÈRE GRASSE %	ÂGE DES GRAINES traitées	MODE D'OBTENTION de l'huile	COULEUR	DENSITÉ à 15°	INDICE DE RÉFRACTION à 15°	EXAMEN SPECTROSCO- PIQUE	INDICE DE CHIRASIER	ACIDITÉ (en acide élaïque %)	INDICE de saponification	INDICE (d'ode (Hbbl.)	INDICE (d'ode (Wiss)	INDICE de HENNER	INDICE DE Reichert-Walby	GLYCÉRIDES BROMÉS %	INSAPONI- FIABLE %
1914 (juin)	23,70	5 ans	Ether pétrole	jaune verdâtre	0,937	1,4857	3 bandes	62°,8	3,90	191,9	205,3	208,3	95,8	1,0	58,0	1,05
1919 (mai)	27,17	1 mois	Pression Ether pétrole	jaune pâle verte	0,9346 0,936	1,4846 1,4849	pas de bande 3 bandes	67°,6 66°,6	0,38 0,92	191,1 190,2	203,0 201,2	205,7 203,6	95,7 96,5	0,2 0,2	56,2 54,2	0,75 1,65
1920 (mai)	25,12	2 ans	Pression	jaune foncé	0,935	1,4850	pas de bande	»	1,94	191,3	»	205,5	»	»	»	0,68
1921 (mai)	14,22	1 an	Ether pétrole	verte	0,937	1,4856	3 bandes	»	3,60	190,8	»	207,2	»	0,3	57,4	1,17
1922 (juin)	22,20	1 an	Pression	jaune verdâtre	0,9343	1,4846	pas de bande	65°	1,05	191,4	»	203,8	»	»	»	0,72
Valeurs				Maxima	0,937	1,4857		67°,6	3,90	191,9	205,3	208,3	96,5	1,0	58,0	1,65
				Minima	0,9343	1,4846		62°,8	0,38	190,2	201,2	203,6	95,7	0,2	54,2	0,68

(1) Les graines que j'ai utilisées pour ces recherches furent toutes récoltées aux environs de Nancy. Il me fut impossible de me procurer des graines de *Mercurialis corsica*, que j'aurais voulu comparer à celles de *Mercurialis perennis*.

de réfraction. Ces différences semblent surtout imputables à la proportion de matières insaponifiables que renferment les huiles d'extraction ;

3° L'influence exercée par l'oxydation atmosphérique sur l'huile incluse dans la graine est relativement faible ;

4° Les caractéristiques de l'huile de Mercuriale vivace, bien qu'un peu plus faibles que celles de l'huile de Mercuriale annuelle, dépassent encore nettement celles de l'huile de Lin.

CHAPITRE III

Mercuriale tomenteuse (*Mercurialis tomentosa* L.)

Caractères extérieurs de la graine. — La graine de Mercuriale tomenteuse est ovoïde et caronculée. Elle mesure 2 mm, 3 à 3 mm, de longueur, sur 1 mm, 5 à 2 mm, 3 de diamètre. Sa surface extérieure est lisse et présente une teinte blanchâtre ou gris clair, brun ou bleu.

L'enveloppe tégumentaire, assez épaisse et résistante, recouvre un albumen oléagineux et abondant, au milieu duquel se trouve un embryon à cotylédons minces, foliacés.

Poids de 1.000 graines : 3 à 6 gr.

Composition chimique. — La composition élémentaire de la graine de Mercuriale tomenteuse est la suivante :

Eau.....	68 ^{gr} ,72	p. 100
Matière grasse.....	35 , 62	—
Matières protéiques.....	15 , 25	—
Cellulose.....	33 , 13	—
Sucre réducteur.....	0 , 07	—
Sucre hydrolysable.....	0 , 97	—
Cendres.....	8 , 24	—

L'huile de Mercuriale tomenteuse

Les graines de Mercuriale tomenteuse contiennent 32 à 35 % de matière grasse.

L'huile obtenue par expression à froid est limpide, de couleur jaune pâle, de saveur douce, sans odeur caractéristique. L'éther de pétrole fournit un produit ayant la même coloration et la même limpidité que l'huile de pression.

A. — Huile extraite par pression.

*Graines récoltées, aux environs de Montpellier, en juin 1921
et exprimées 6 mois après la récolte (Matière grasse=35,62 %).*

1° Caractères physiques.

Couleur.....	jaune d'or
Densité (15°-15°).....	0,935
Pouvoir rotatoire.....	— 6'
Examen spectroscopique.....	Pas de bande d'absorption
Indice de réfraction { à 15°.....	1,4852
à 22°.....	1,4826
Température critique de dissolution selon CRISMER, avec alcool D = 0,7967 et en tube ouvert.....	62°
Point de congélation.....	— 18°

2° Caractères chimiques.

Acides gras libres { en mgr. KOH p. 1 gr.....	3,4
en acide oléique p. 100 gr.....	1,74
Acides gras solubles (PLANCHON) { en cm ³ KOH N 10 p. 150 cm ³	0,8
en acide butyrique p. 100 gr.....	0,14
Acides gras insolubles + insaponifiable (HEHNER).....	95,80%
Acides gras volatils (REICHERT-WOLNY) { solubles (en cm ³ KOH N 10).....	0,3
insolubl ^{es} (en cm ³ KOH N 10).....	0,3
Indice de saponification.....	191,3
Indice d'iode { HÜBL.....	204,4
WLS.....	208,1
Indice d'acétyle (LEWKOWITSCH).....	12,49
Glycérides bromés insolubles dans l'éther sulfurique (HEHNER et MITCHELL).....	68,3°.
Matières insaponifiables.....	0,82°.

3° Réactions qualitatives.

Essai de l'élaïdine.....	Négatif
— de BELLIER à l'aldéhyde formique.....	—
— sulfocarbonique de HALPHEN.....	—
— de VILLAVECCHIA et FABRIS.....	—
— de BECCHI et MILLIAU.....	—
— de TOCHER au pyrogallol.....	—
— bromé de HALPHEN.....	Précipité immédiat
— de BLAREZ (Recherche de l'acide arachidique)....	Positif
— de BELLIER — — —.....	—

4° Caractères physiques et chimiques des acides gras.

Acides gras totaux :

Point de solidification (titre).....	20°,8
Indice de réfraction à 40°.....	1,4677
Indice d'iode (Wls).....	215,3
Indice de neutralisation.....	197,3
Proportion d'acides liquides (calculée d'après les indices d'iode) ..	95,9 %.
Proportion d'acides solides.....	4,1 %.

Acides gras liquides :

Indice de réfraction à 15°.....	1,4780
Indice d'iode (Wls).....	224,4
Dérivés bromés en solution acétique (HEHNER et MITCHELL).....	30,6 %.

B. — Huile extraite par l'éther de pétrole.

Des graines récoltées en juillet 1920, à Cette, et épuisées un mois plus tard, m'ont fourni une huile limpide présentant les caractères suivants :

(Matière grasse = 32,07 %).

CARACTÈRES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Couleur.....	jaune pâle
Densité 15°/15°.....	0,934
Examen spectroscopique.....	Pas de bande d'absorption
Indice de réfraction à 15°.....	1,4840
Acides gras libres (en acide oléique p. 100 gr) ...	3,69
Indice de saponification.....	191,4
Indice d'iode (Wls).....	201,5
Indice de REICHERT-WOLNY.....	0,2
Glycérides bromés insolubl ^{es} dans l'éther sulfurique	52,4 %.

Les constantes de l'huile extraite par l'éther de pétrole sont nettement inférieures à celles de l'huile de pression. Ce sont les plus faibles qu'il m'ait été donné d'enregistrer au cours de ce travail. Comme il s'agit de graines récoltées à un an d'intervalle, il est impossible de dire si les écarts constatés dépendent du mode d'obtention de l'huile ou proviennent, au contraire, de la nature même des réserves de la graine.

Quoi qu'il en soit, il est évident que les graines de la Mercuriale tomenteuse fournissent, par expression, une huile ayant la même composition que celles de la Mercuriale annuelle et

de la Mercuriale vivace. Comme ces dernières, elle se caractérise nettement par sa forte densité, son indice de réfraction élevé, son indice d'iode remarquable et la quantité notable de ses dérivés bromés.

Propriétés et usages des huiles de Mercuriales.

Les huiles que l'on a tenté jusqu'à présent de substituer à l'huile de Lin possèdent des propriétés siccatives nettement inférieures aux siennes. Il n'en est pas de même des huiles de Mercuriales dont je consigne ci-dessous les principaux caractères analytiques, comparativement à ceux de l'huile de Lin.

CARACTÉRISTIQUES DE L'HUILE DE LIN (1)
ET DES HUILES DE MERCURIALES (2)

SORTE D'HUILE	DENSITÉ à 15°	INDICE de RÉFRACTION à 15°	INDICE d'iode (Wls)	GLYCÉRIDES bromés % (HEHNER et MITCHELL)
Mercurialis annua L. . .	0,9348-0,937	1,4848-1,4861	205,9-215,5	65 — 80
— perennis L. . .	0,9243-0,937	1,4846-1,4857	203,6-208,3	54 — 58
— tomentosa L. . .	0,931-0,935	1,4840-1,4852	201,5-208,1	52 — 68
Linum usitatissimum L. .	0,930-0,935	1,4810-1,4835	173-201	23 — 38

L'examen de ce tableau montre que les huiles de Mercuriales se placent au premier rang des huiles siccatives, et cette indication se trouve confirmée par les différentes expériences que j'ai eu l'occasion de réaliser :

L'huile de Mercuriale annuelle, étendue en couche mince sur une plaque de verre, et abandonnée à l'air libre et à la température du laboratoire, donne, en un temps qui peut varier de vingt-quatre à trente six heures, une pellicule solide, élastique,

(1) D'après HALPHEN, *Huiles et graisses végétales* et LEWKOWITSCH, *Technologie et analyse chimiques des huiles, graisses et cires*.

(2) Valeurs extrêmes fournies par les huiles de pression et d'extraction préparées par l'auteur.

adhérente, en même temps que transparente et incolore. Au soleil, ce résultat est obtenu en deux à trois heures. A l'étuve à 105°, l'obtention du vernis ne demande que vingt-cinq à trente minutes. Dans tous les cas, la pellicule obtenue est insoluble dans les dissolvants habituels.

Les essais entrepris au laboratoire et à l'atelier montrent que les propriétés siccatives de cette huile sont susceptibles de recevoir des applications pratiques :

Elle fournit un caoutchouc factice d'une grande élasticité et se montre sans égale pour l'imperméabilisation des tissus ; elle peut être utilisée dans la fabrication des encres lithographiques et du linoléum.

Enfin, elle convient admirablement pour la peinture. En opérant avec ou sans siccatif, en faisant varier la nature et la quantité de ce dernier, le temps de chauffage et le pigment, j'ai obtenu des peintures à aspect mat ou brillant, séchant plus ou moins vite selon les cas, et répondant par conséquent à tous les besoins.

L'huile de Mercuriale annuelle se décolore lentement en vieillissant et, rapidement, après exposition au soleil. Cet avantage, qui s'allie à sa grande souplesse, indique qu'elle peut être employée pour la préparation des peintures fines.

Comme l'huile de Lin, l'huile de Mercuriale annuelle peut être conservée pendant plusieurs années, sans perdre sa siccativité et son pouvoir de liaison. Ainsi que je l'ai montré p. 48, des huiles d'expression et d'extraction, conservées de juillet 1914 à juillet 1919, à l'obscurité et en bouteilles bouchées au liège, n'ont donné à l'analyse que des variations de composition à peu près nulles. Pendant ce repos de cinq années, il ne s'était formé, au fond des flacons, qu'un dépôt insignifiant, et les essais obtenus avec ces huiles furent excellents.

Contrairement à ce qui a lieu pour l'huile de Lin, l'huile de Mercuriale annuelle obtenue par les dissolvants convient parfaitement pour la peinture, et il est même possible d'utiliser, pour cet usage, l'huile extraite des tourteaux d'expression. Une huile obtenue en épuisant par le tétrachlorure de carbone des tourteaux provenant de l'expression de graines vieilles de dix ans, m'a permis de préparer des peintures blanches très siccatives. L'âge semble en effet avoir moins d'importance pour l'huile de Mercuriale annuelle que pour l'huile de Lin et, fraîches ou

vieilles, les graines fournissent un produit limpide, qui n'abandonne aucun dépôt et ne nécessite aucune épuration préalable.

Grâce à ses précieuses qualités, l'huile de Mercuriale annuelle pourrait donc remplacer avantageusement l'huile de Lin, dans certaines de ses applications industrielles.

L'huile de Mercuriale vivace possède des propriétés siccatives sensiblement identiques à celles de l'huile de Mercuriale annuelle et m'a fourni les mêmes résultats pratiques.

L'huile de Mercuriale tomenteuse, dont les qualités sont analogues à celles des huiles précédentes, est susceptible de recevoir les mêmes applications.

En résumé, il résulte de cet exposé que les trois espèces de Mercuriales possèdent des graines oléagineuses de grande valeur. Il convient d'ajouter qu'elles ne se prêtent pas toutes à une utilisation industrielle. La Mercuriale vivace donne des graines peu nombreuses et pauvres en matière grasse ; elle se prête mal à la culture. La Mercuriale tomenteuse fournit des graines plus nombreuses et plus riches en huile ; mais il est impossible de la propager en dehors du climat méditerranéen. Seule, la Mercuriale annuelle pourrait être appelée à prendre rang parmi les plantes industrielles. Ses graines sont aussi riches en huile que celles du Lin, et l'extraction peut être poussée à fond, sans inconvénient pour la qualité du produit obtenu. Elle est abondamment répandue en Europe et pourrait être cultivée en grand, en suivant les procédés que j'indiquerai ultérieurement.

Conclusions de la première partie

Mes recherches sur les graines des Mercuriales m'ont conduit à en extraire des huiles qui présentent, au point de vue théorique, un réel intérêt. Ces huiles se caractérisent surtout par leurs fortes densités, leurs indices de réfraction élevés, leurs indices d'iode supérieurs à ceux des autres huiles végétales, la quantité considérable de leurs dérivés bromés. A cet égard, elles se placent au premier rang des huiles siccatives.

Au point de vue pratique, elles sont susceptibles de recevoir les mêmes applications industrielles que l'huile de Lin.

L'analyse des huiles fournies par les trois espèces de Mercuriales a révélé de curieuses analogies. C'est ainsi que leurs caractéristiques, rapportées au genre *Mercurialis*, varient entre les limites suivantes :

Densité.....	0,934 — 0,937
Indice de réfraction.....	1,4840 — 1,4861
Indice de CRISMER.....	62° — 67°,8
Indice d'iode.....	201,5 — 215,5
Glycérides bromés %...	52 — 80

Ces valeurs extrêmes, fournies par les différentes huiles de pression et d'extraction préparées au laboratoire, ne dépassent guère les écarts que les influences extérieures — origine des graines, nature des terrains, moment de la récolte — peuvent engendrer dans une même huile.

Cette unité chimique est d'autant plus remarquable, qu'il s'agit d'espèces ayant une biologie nettement différente : l'une est annuelle et ubiquiste ; l'autre, vivace par ses rhizomes, végétè dans les lieux frais et ombragés ; la troisième, péren-

nante par sa souche, est localisée dans la région méditerranéenne.

Cette étude montre donc qu'à l'homogénéité des caractères morphologiques correspond une homogénéité, non moins frappante, des caractères chimiques, et que c'est réellement dans la graine que l'on rencontre les caractères les plus fixes.

DEUXIÈME PARTIE

OBSERVATIONS BIOLOGIQUES

DEUXIÈME PARTIE

Observations biologiques

Les trois espèces de *Mercuriales* ont une biologie nettement différente : *M. annua* est une plante annuelle ; *M. perennis* est vivace par ses rhizomes et possède des tiges feuillées caduques ; *M. tomentosa* est pérennante par sa souche, et ses rameaux sont persistants.

De ces trois espèces, c'est *Mercurialis annua* qui a été l'objet du plus grand nombre de recherches. Les observations relatives à sa biologie florale sont en particulier si nombreuses, que je crois préférable de renvoyer le lecteur à la partie bibliographique qui précède ce travail. Je me contenterai donc de signaler, chemin faisant, les mémoires qui se rapportent directement aux questions que j'ai traitées dans cet ordre d'idées.

La morphologie externe et le développement du *Mercurialis annua* sont si connus, que je les passerai sous silence. Il n'en est pas de même de sa germination, sur laquelle on ne trouve que fort peu d'indications. Les seules observations qui s'y rapportent furent faites accessoirement par SCHRIBAUX [128], au cours de ses recherches sur la germination des semences de mauvaises herbes, et par COMBES [185], dans son travail sur la détermination des intensités lumineuses optima chez les végétaux.

Je ne mentionnerai que pour mémoire les documents fournis par DESMOULINS [76] et relatifs à la conservation de la faculté germinative des graines de cette espèce.

Les travaux qui ont trait à la biologie du *Mercurialis perennis* sont beaucoup moins nombreux. L'étude de sa germination a

été négligée. En ce qui concerne son développement, il n'existe, du moins à ma connaissance, qu'une étude sommaire de WINKLER [146] et quelques observations fort succinctes dues à WYDLER [65].

Enfin, je n'ai trouvé, dans la littérature botanique, aucun renseignement sur la germination et le développement du *Mercurialis tomentosa*.

L'étude biologique des Mercuriales présente donc un certain nombre de lacunes. Ce sont précisément ces points, insuffisamment étudiés ou sujets à controverse, que je me suis proposé d'aborder dans cette deuxième partie. Celle-ci comprend, comme la précédente, trois chapitres, consacrés chacun à l'une des espèces.

CHAPITRE PREMIER

Mercurialis annua L.

§ I. — Germination

Choix des graines. — Les graines du *Mercurialis annua* arrivant à maturité successivement, un certain nombre d'entre elles peuvent être imparfaitement mûres au moment de la récolte. Aussi, convient-il d'apporter une attention particulière au choix des semences destinées aux essais de germination et d'éliminer, par criblage, vannage et triage, celles qui pourraient être mal conformées.

Conditions de la Germination

1° *Températures critiques.* — Les températures de germination, que j'ai déterminées avec des graines récoltées en Haute-Marne, sont comprises entre les limites suivantes :

Minimum : 12 - 13°.

Optimum : 26 - 28°.

Maximum : 33 - 35°.

Comme on le voit, les exigences thermiques de la *Mercuriale* annuelle sont particulièrement remarquables, car peu nombreuses sont les plantes indigènes qui exigent, pour germer, une température minima de 12°.

2° *Faculté germinative.* — La détermination de la faculté germinative est particulièrement délicate chez cette espèce.

SCHRIBAUX, qui a étudié d'une façon remarquable la germination des semences de plantes adventices [128], a montré

que la plupart d'entre elles, et la Mercuriale annuelle en particulier, fournissent des graines dures (1) en quantité variable avec leur degré de maturité et leur ancienneté.

En 1896, il récolta avec soin des graines bien mûres, les mélangea à du sable de Fontainebleau et les introduisit dans des tubes ouverts aux deux extrémités, à raison de 100 graines par tube. Ceux-ci furent enfouis verticalement dans le sol à 0 m. 20 de profondeur et, périodiquement, le contenu d'un tube fut semé dans une terrine tenue fraîche.

Voici les chiffres de germination relevés par cet auteur, de 1896 à 1903 :

GERMINATION POUR 100 DE LA MERCURIALE ANNUELLE

A la récolte.....	10
1 an après la récolte.....	14
2 ans.....	18
3 ans.....	14
4 ans.....	30
5 ans.....	29
6 ans.....	24
7 ans.....	16
Graines non germées lors du dernier essai.....	81

Ces résultats montrent que, dans l'expérience de SCHRIBAUX, les graines inertes sont en majorité et diminuent considérablement le taux de la germination. Une des caractéristiques de la Mercuriale annuelle réside donc dans une faculté germinative excessivement variable.

3° *Energie germinative.* — Tandis que les graines normales germent complètement en quelques semaines, celles de la Mercuriale annuelle lèvent lentement, successivement et irrégulièrement. C'est ce que montre le cas d'échelonnement des levées consigné dans le tableau suivant et résultant d'un semis de 4.000 graines que j'ai effectué, le 20 mars 1920, dans une caisse de 0 m. 40 de profondeur, remplie de terre bouillie.

(1) Sous le nom de « graines dures », SCHRIBAUX désigne, avec NOBBE, celles qui, bien que normalement constituées, n'ont pas changé d'aspect à la fin d'un essai normal de germination.

ECHELONNEMENT DE LA GERMINATION CHEZ LA MERCURIALE ANNUELLE

SUCCESSION DES LEVÉES		NOMBRE de plantules
—		—
1920	8 avril	4
	Du 9 avril au 19 mai	39
	Du 20 mai au 20 juin	737
	Du 21 juin au 20 juillet	500
	Du 21 juillet au 1 ^{er} septembre	272
	Du 2 septembre au 30 octobre	160
1921		310
1922		862
1923		168
1924	Jusqu'au 15 juillet	0
	Après avoir retourné la caisse et étalé son contenu	358
Total		3410

On voit que, dans ce cas, la levée s'est échelonnée sur cinq années. Et il est évident que si on ne l'avait pas provoquée, en étalant le contenu de la caisse, le reliquat des graines enfouies et susceptibles de germer ne serait pas entré en végétation.

En effet, dans cette expérience, de même que dans celles qui sont effectuées en pleine terre, la lenteur de la levée est due, en grande partie, à ce fait qu'un certain nombre de graines se trouvent entraînées profondément dans le sol et échappent à la germination, tant que les circonstances ne les ramènent pas à la surface. Au contraire, lorsque l'ensemencement a lieu sur une couche de terre de faible épaisseur, la levée s'effectue beaucoup plus rapidement et peut être complète en deux ans (1).

Circonstances qui influent sur la Germination

1^o *Choir du milieu de culture.* — Il est généralement admis que l'air, l'eau et la chaleur suffisent à assurer une bonne germination des graines et que le mode expérimental utilisé est sans importance. Or, les nombreux essais de germination que j'ai eu l'occasion d'effectuer, avec les graines du *Mercurialis*

(1) J'ai constaté que, malgré leur petitesse, les graines de *Mercuriale* annuelle peuvent germer sous 10 centimètres de terre, modérément tassée.

annua, m'ont permis de constater que les conditions d'exécution des essais influencent nettement les résultats.

D'une part, à l'étuve, de toutes les substances employées : coton hydrophile, papier buvard, sciure de bois, sable lavé, terre de jardin, c'est la terre humide, préalablement bouillie, en vue de détruire le pouvoir germinatif des graines qu'elle peut contenir, qui m'a toujours fourni les meilleurs résultats.

D'autre part, en utilisant comme germeoir un pot à fleurs rempli de terre stérilisée, placé à l'air libre et dans un endroit ensoleillé, j'ai constaté que la germination y est plus rapide, plus régulière et plus complète que dans les essais réalisés, parallèlement, sur coton hydrophile ou sur papier buvard.

Voici, à titre d'indication, quelques résultats obtenus, à l'étuve et à l'air libre, avec des graines récoltées en août 1919.

INFLUENCE DU MILIEU DE CULTURE SUR LA GERMINATION

	MILIEUX	GRAINES GERMEES POUR 100, APRÈS :					
		2 jours	6 jours	10 jours	15 jours	20 jours	30 jours
A L'ÉTUVE	Buvard	»	6	19	28	34	»
	Coton hydrophile .	»	4	11	18	»	»
	Sciure de bois	»	2	8	12	»	»
	Sable lavé	»	4	10	14	»	»
	Terre de jardin bouillie	»	12	21	42	48	50
A L'AIR LIBRE	Terre de jardin bouillie	»	36	45	60	»	»
	Buvard	»	4	16	26	37	»
	Coton hydrophile .	»	6	18	25	»	»

On voit que la germination s'arrête dans les milieux artificiels bien avant d'être complète, et qu'en opérant, dans la terre et à l'air libre, on augmente à la fois le taux de la germination et l'énergie germinative.

Cette irrégularité des résultats a vraisemblablement des causes multiples.

Mes essais ayant été effectués sur terre soigneusement bouillie, on ne peut attribuer l'influence bienfaisante de ce milieu à la présence de microorganismes vivant librement, ou de bactéries vivant en symbiose avec les plantes vertes.

Il est évident que l'ensemencement, en pot et à l'air libre, réalise un certain nombre de conditions particulièrement favorables aux phénomènes biologiques de la germination :

1° La terre, bien émietlée et bien tassée, permet à l'eau d'arriver facilement par capillarité jusqu'à la graine : avantage que ne procurent pas, au même titre, certains milieux ;

2° Les germoirs, dans lesquels l'eau est stagnante, deviennent rapidement toxiques, alors que les pots sont peu favorables au développement des organismes inférieurs. Leur arrosage quotidien permet d'assurer le renouvellement de la quantité d'oxygène nécessaire aux graines, en même temps que l'élimination des produits d'exosmose ;

3° Il est permis de supposer, à la suite des travaux de MAQUENNE et de DEMOUSSY relatifs à l'influence des matières minérales sur la germination (1), que la chaux, dont la terre est plus ou moins chargée, est susceptible de favoriser l'évolution des graines ;

4° L'exposition des semis à l'air et au soleil augmente notablement le pouvoir oxydant du sol et en diminue encore la toxicité :

5° Les essais conduits en plein air réalisent, pour le mieux, les variations de température qui peuvent influencer la germination de cette espèce.

En définitive, ces faits montrent que, pour obtenir de bons résultats avec la *Mercuriale* annuelle, il est indispensable de se rapprocher des conditions naturelles de sa germination. Aussi, tous les résultats consignés plus loin proviennent-ils d'ensemencements effectués dans des pots remplis de terre de jardin bouillie et disposés en plein air, pendant les mois d'été, dans un endroit ensoleillé.

2° *Influence de la lumière.* — La supériorité des résultats obtenus à l'air libre pouvant être attribuée à l'action de la lumière, j'ai voulu me rendre compte de l'influence exercée par ce facteur sur la germination des graines de *Mercuriale* annuelle.

En utilisant des boîtes de PETRI divisées en deux compartiments, l'un transparent, l'autre opaque, j'ai constaté, ainsi

(1) L. MAQUENNE et E. DEMOUSSY, Influence des matières minérales sur la germination (*Ann. Sc. Agron.*, (6), 113, 1921).

que COMBES [185] l'avait déjà remarqué, que la germination des graines du *Mercurialis annua* s'opère plus rapidement à l'obscurité qu'à la lumière.

3° *Influence des téguments.* — J'avais eu l'occasion de me rendre compte, en 1919, qu'une immersion de quelques jours dans différents dissolvants : alcool, éther, chloroforme, suffisait pour faire perdre aux semences de *Mercuriale* annuelle leur pouvoir germinatif. Aussi, ai-je cherché à connaître le degré d'imperméabilité que présente, à l'égard des liquides, le tégument séminal des graines prises dans leur état de dessiccation naturelle.

D'une part, pour suivre la rapidité de pénétration des dissolvants, j'ai mis des graines en contact avec de l'alcool saturé d'acide picrique. Après quatre jours d'immersion, celles-ci furent lavées à l'alcool et séchées. En les sectionnant, on pouvait constater, à la coloration plus ou moins profonde de l'amande, que l'alcool avait pénétré dans le protoplasme.

D'autre part, afin de savoir dans quelle mesure le tégument retarde la pénétration de l'eau, j'ai immergé, dans une solution aqueuse saturée d'acide picrique, de nombreux lots comprenant chacun 100 graines récoltées à des époques différentes. En examinant chacun de ces lots par intervalles, j'ai pu suivre la pénétration du liquide dans la graine et constater qu'au bout de huit jours, l'imbibition était générale :

DURÉE DE L'IMMERSION	GRAINES imbibées p. 100
24 heures	10 - 45
2 jours	50 - 75
4 jours	80 - 100
6 jours	92 - 100
8 jours	100

Ces essais sommaires indiquent que l'imperméabilité du tégument des graines de *Mercurialis annua* n'est que relative et ne doit pas avoir une influence considérable sur la germination.

4° *Influence de pratiques diverses sur la germination.* — En vue d'obtenir une germination régulière et rapide, j'ai eu

recours à un certain nombre de procédés, qui me semblaient plus particulièrement indiqués.

La dessiccation artificielle (1), réalisée en abandonnant pendant huit jours des échantillons dans une étuve maintenue à 35°, eut pour résultat d'activer, dans une certaine mesure, la rapidité de la germination, mais n'en augmenta pas notablement le pourcentage.

L'utilisation des variations de température (20-28°), pendant les essais, n'a pas augmenté davantage le pourcentage germinatif.

L'application des basses températures (10-15°), préconisée par HARRINGTON (2) et par MUNERATI (3) pour accélérer la germination de certaines graines *fraîches*, s'est montrée sans action sur les graines de *Mercuriale* annuelle nouvellement récoltées : résultat qu'il était d'ailleurs facile de prévoir, en raison de la température minima élevée qu'exige la germination de cette espèce.

L'ébouillantage (4), destiné à ramollir le tégument, m'a fourni un résultat négatif ; car, après une immersion d'une à trois minutes dans l'eau bouillante, les graines avaient perdu leur faculté germinative.

La blessure des téguments ne m'a pas fourni les résultats que j'en attendais. Toutefois, si la perforation n'a pas élevé au-dessus de 50 % le taux de la germination, l'incision, au niveau de la caroncule, porta à 70 % la proportion de semences germantes.

Le trempage des graines pendant plusieurs jours, soit dans de l'eau pure, soit dans des solutions de nitrate de potasse ou de nitrate d'ammoniaque à 1 %, augmenta légèrement l'énergie germinative, mais n'influença pas sensiblement le taux de la germination.

La stratification est, de tous les procédés, celui qui s'est montré le plus efficace pour faire sortir les graines de *Mercurialis annua* de leur inertie. Cette pratique, employée couramment

(1) E. SCHRIBAUX, *Journ. de l'Agric.*, II, 536, 1894.

(2) G. T. HARRINGTON, *Science*, N. S. L, 528, 1919.

(3) O. MUNERATI, *At. dell. R. Acad. d. Linc.*, Rome, XXIX, 273, 1920.

(4) E. SCHRIBAUX, *Journ. de l'Agric.*, II, 418, 1890.

pour accélérer la germination des semences fraîches ou des fruits à noyaux, consiste à placer, dans des pots ou dans des terrines, des lits successifs de graines, séparés par de petites couches de terre ou de sable légèrement humides. Après avoir passé l'hiver dans ces conditions, les graines récentes de la *Mercuriale* annuelle germent simultanément avec un taux de 86 à 94 %. L'amélioration obtenue par stratification est donc très marquée : elle porte à la fois sur le taux de la germination et sur l'énergie germinative.

En raison des exigences thermiques germinatives du *Mercurialis annua*, j'ai pu conserver, pendant plusieurs années, des graines stratifiées dans une cave dont la température n'excède pas 12°, ce qui m'a permis d'avoir constamment, à ma disposition, des semences prêtes à germer. Il semble toutefois que la nature de la substance stratifiante ne soit pas négligeable. Ayant abandonné parallèlement, dans la terre et dans le sable, des graines fraîchement récoltées, j'ai constaté, après quatre ans de conservation, que la faculté germinative des semences enfouies dans le sable s'était abaissée à 20 %, tandis que celle des graines conservées dans la terre atteignait encore 86 %.

Variations du pouvoir germinatif

1° *Influence de la maturité des graines.* — J'ai indiqué, au début de cette étude, que j'avais trié soigneusement les graines destinées aux essais de germination et éliminé, par vannage et triage, les semences mal constituées.

La proportion de ces dernières dépend nettement de leur degré de maturité, comme on peut s'en assurer en examinant l'influence du poids moyen des graines chez un même individu. Il suffit, pour cela, d'arracher un gros pied de *Mercuriale* annuelle et de le soumettre à une dessiccation lente.

Les graines libérées tout au début de la dessiccation sont grises, lisses et grosses : leur poids moyen individuel atteint 0 gr. 003.

Au fur et à mesure de la dessiccation, les graines expulsées sont grises, en grande partie chagrinées, et leur poids individuel ne dépasse pas 0 gr. 0023.

Enfin, après une exposition prolongée de la plante au soleil, les graines libérées par la déhiscence des capsules sont petites, en majeure partie bleutées ou rougeâtres, et leur poids moyen s'abaisse à 0 gr. 0014. La différence de poids est donc très marquée.

En procédant ainsi, j'ai constitué, en juillet 1921, deux lots de graines qui, semées aussitôt après la récolte, m'ont fourni les résultats suivants :

GERMINATION POUR 100	DE JUILLET à octobre 1921	EN 1922	TOTAL
Graines de poids moyen 0,0030.....	9	87	96
— — — 0,0014.....	0	32	32

Ces résultats montrent que les graines les plus lourdes sont en même temps les plus mûres et confirment cette loi générale formulée par SCHIRBAUX (1) : *dans une inflorescence quelconque, les semences les plus lourdes, et par conséquent les meilleures, correspondent aux fleurs apparues les premières*. Il s'ensuit que, au point de vue de la pratique de la germination du *Mercurialis annua*, il est inutile de chercher à obtenir un égrenage maximum, soit en prolongeant l'insolation, soit en le complétant mécaniquement.

2° *Influence de l'âge*. — Le tableau suivant montre la marche de la faculté germinative de graines récoltées le 20 juillet 1913 et conservées, pendant onze ans, dans un flacon de verre bouché au liège, à l'abri de la lumière et de l'humidité.

La guerre m'ayant empêché d'étudier la germination d'échantillons âgés de 2, 3, 4 et 5 ans, j'ai dû poursuivre mes expériences à l'aide de semences récoltées le 1^{er} août 1919. C'est pourquoi je consigne parallèlement les résultats fournis par cette seconde série d'essais, bien qu'ils ne soient pas comparables aux premiers et qu'ils ne puissent en combler les lacunes qu'imparfaitement.

(1) E. SCHIRBAUX, Contribution à l'amélioration des plantes cultivées (*C. R. Ac. Sc.*, CXV, 267, 1892).

VARIATION DE LA FACULTÉ GERMINATIVE DES GRAINES DE *MERCURIALE* ANNUELLE

GRAINES RÉCOLTÉES LE 20 JUILLET 1913			GRAINES RÉCOLTÉES LE 1 ^{er} AOÛT 1919		
DATE DE L'ESSAI de germination	GERMINATION P. 100		DATE DE L'ESSAI de germination	GERMINATION P. 100	
	GRAINES SEMÉES normalement	GRAINES STRATIFIÉES avant l'essai		GRAINES SEMÉES normalement	GRAINES STRATIFIÉES à la récolte
28 juillet 1913.	5	»	8 août 1919 ..	11	»
1 an après la récolte.....	38	»	1 an après la récolte.....	60	92
6 ans.	20	»	2 ans.....	55	90
7 ans.....	15	48	3 ans.....	60	92
8 ans.....	17	41	4 ans.....	52	90
9 ans.....	10	39	5 ans.....	39	83
10 ans.....	10	35			
11 ans.....	2	20			

D'après ces chiffres, la faculté germinative des graines de *Mercurialis annua* présente un minimum aussitôt après la récolte. Elle atteint, dès l'année suivante, un maximum, d'ailleurs très variable, qu'elle conserve plusieurs années, puis s'affaiblit lentement.

Longévité des graines. — Les résultats qui précèdent montrent que les graines de la *Mercuriale* annuelle peuvent conserver longtemps, à l'air libre, leur pouvoir germinatif. Lorsqu'elles se trouvent enfouies profondément dans le sol, elles conservent plus longtemps encore leur vitalité.

Je ne signalerai que pour mémoire les cas de longévité, rapportés par certains auteurs [74 ; 76], de graines anciennes de *Mercurialis annua* qui auraient conservé, après des siècles d'enfouissement, leur faculté de germer et me contenterai de relater une observation personnelle de leur vie latente, qui porte sur un laps de temps bien moins considérable.

Il est d'observation courante que certaines cultures *étouffantes*, en maintenant le sol couvert pendant plusieurs années consécutives, empêchent l'apparition des espèces qui exigent une terre fraîchement remuée pour se développer. C'est le cas du *Mercurialis annua*, dont la levée se trouve même entravée par les céréales d'hiver.

En 1900, un vieux potager, situé à Magneux (Haute-Marne), fut transformé en prairie, puis resta en cet état jusqu'en 1919, époque à laquelle le terrain fut vendu. L'acquéreur le fit défoncer, au début du printemps 1920, et y installa les fondations d'une scierie.

Quelques mois plus tard, les terres remuées se couvrirent subitement d'une végétation de *Mercuriale* annuelle, provenant des graines enfouies depuis 20 ans sous le gazon. On pouvait remarquer, notamment, sur les flancs fraîchement creusés d'une tranchée d'accès de l'exploitation, des pieds de *Mercuriale* qui émergeaient, de la paroi même, à une profondeur de 20-25 centimètres au-dessous de la surface du sol.

Cette observation montre que, lorsque les graines de *Mercurialis annua* sont soustraites aux influences extérieures par une épaisse couche de terre, il est difficile d'assigner une limite à leur durée de conservation. Cette vitalité est d'autant plus remarquable, qu'il s'agit de graines renfermant un albumen oléagineux éminemment oxydable et susceptible de diminuer leurs chances de conservation. Elle ne fait que confirmer ce fait établi par SCHRIJBAUX [128] que, contrairement aux idées régnantes, certaines semences oléagineuses sont susceptibles de vivre très longtemps.

3° *Action de la lumière solaire sur le pouvoir germinatif.* — L'action des rayons solaires a été étudiée, sur un certain nombre de graines, par JODIN (1) et LAURENT (2), qui constatèrent qu'une période d'insolation relativement courte suffit généralement pour entraîner la perte du pouvoir germinatif.

Je me suis demandé quelle pouvait être la résistance des graines du *Mercurialis annua* à l'action lumineuse et j'ai effectué, à cet effet, toute une série d'essais.

Ma première expérience fut réalisée en 1921, année remarquablement propice à des essais de ce genre par sa luminosité. Commencée le 1^{er} avril et terminée le 15 octobre, elle comporta 900 heures d'ensoleillement. Les graines utilisées avaient été

(1) V. JODIN, Sur la durée germinative des graines exposées à la lumière solaire (*C. R. Ac. Sc.*, CXXXV, 443, 1902).

(2) E. LAURENT, Sur le pouvoir germinatif des graines exposées à la lumière solaire (*C. R. Ac. Sc.*, CXXXV, 1295, 1902).

récoltées en juillet 1919. Elles furent placées, en une seule couche, dans une boîte de PÉTRI de grande dimension, qui fut disposée horizontalement, dans un endroit éclairé par le soleil huit à dix heures par jour. Au cours des essais, la température intérieure de la boîte fut souvent très élevée. En juillet notamment, elle atteignit fréquemment 50°.

L'expérience fut poursuivie du 1^{er} mai au 1^{er} août 1922, période durant laquelle les mêmes graines subirent l'action du soleil pendant 300 heures. A ce moment, celles-ci étaient entièrement décolorées et avaient perdu leur vitalité.

Voici les chiffres de germination obtenus, au fur et à mesure de l'ensoleillement :

DURÉE DE L'ENSOLEILLEMENT		GERMINATION p. 100	TÉMOIN
1921	176 heures	60	48
	524 —	48	52
	900 —	28	50
1922	1200 —	0	52

Afin de m'assurer que la température élevée, enregistrée en 1921, n'avait pas entraîné la perte du pouvoir germinatif, j'ai abandonné, pendant 720 heures, des graines du lot témoin à l'étuve à 50-52°. A la fin de cet essai, le taux de germination des graines chauffées atteignait encore 30 %, ce qui prouve que la perte du pouvoir germinatif est imputable à l'action lumineuse et non à l'action calorifique.

J'ai d'ailleurs essayé de renouveler l'expérience précédente, mais les années 1922 et 1923 furent loin d'être aussi ensoleillées que 1921. De telle sorte que les graines ne purent être exposées au soleil que pendant 300 heures en 1922 et 253 heures en 1923. Bien que répartie sur deux années consécutives, cette insolation, d'une durée de 553 heures, se montra sans influence appréciable sur le pouvoir germinatif.

La comparaison de ces résultats, avec ceux qu'obtinrent JOIRY et LAURENT, montre que les graines des plantes supérieures sont inégalement sensibles aux rayons solaires. Chez la *Mercuriale* annuelle, l'insolation semble d'abord augmenter la proportion des semences germantes ; ce qui peut s'expliquer en raison de

l'influence favorable que la dessiccation exerce habituellement sur la germination.

L'action nocive des radiations lumineuses ne se fait ensuite sentir que très lentement, mais entraîne finalement la mort de l'embryon.

En tout cas, pratiquement, on ne peut attribuer à la lumière solaire une influence néfaste sur la durée germinative des graines de *Mercurialis annua*.

En résumé, des faits que je viens d'exposer sur la germination des graines du *Mercurialis annua*, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Le *Mercurialis annua* se classe parmi les plantes qui réclament le plus de chaleur pour germer ;

2° Les essais de germination sont très délicats. Leur durée ne doit pas être limitée à quelques jours, mais doit être prolongée aussi longtemps que possible. La germination s'effectue mieux dans la terre humide que dans les autres milieux, et à l'air libre qu'à l'étuve ;

3° Les graines de *Mercurialis annua* germent lentement et irrégulièrement. La levée exige plusieurs années pour être complète, et le taux de la germination peut varier, selon les circonstances et pour un même lot, de 3 à 90 % ;

4° L'imperméabilité du tégument des graines n'est que relative et ne semble pas être l'unique cause de l'irrégularité de la germination ;

5° La stratification permet d'assurer la germination rapide, simultanée et totale des graines vivantes ;

6° Les graines de *Mercurialis annua* conservent leur pouvoir germinatif pendant un temps assez long : une dizaine d'années, à l'air libre, et une vingtaine d'années au moins, lorsqu'elles se trouvent enfouies profondément dans le sol ;

7° Leur faculté germinative présente un minimum aussitôt après la récolte. Elle atteint l'année suivante un maximum, d'ailleurs très variable, qu'elle conserve plusieurs années, puis s'affaiblit lentement ;

8° Les graines libérées tout d'abord par la déhiscence des capsules correspondent aux fleurs apparues les premières ; ce sont les plus lourdes et, partant, les meilleures ;

9° Les radiations solaires exercent une action très lente sur la vitalité des graines,

Afin de mettre en évidence l'irrégularité de la faculté germinative des graines de *Mercurialis annua* et les avantages de la stratification, j'ai groupé, dans un tableau général, les résultats

VARIATIONS DE LA FACULTÉ GERMINATIVE DES GRAINES DE MERCURIALE ANNUELLE

ÉPOQUE de la RÉCOLTE des graines	FACULTÉ GERMINATIVE POUR 100																					
	APRÈS ENSEMENCEMENT NORMAL											APRÈS STRATIFICATION										
	A la récolte	1 an après la récolte	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans	1 an après la récolte	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	9 ans	10 ans	11 ans		
Juillet 1913	5	38	période de guerre	16	60	52	39	20	15	17	10	10	2	période de guerre	période de guerre	92	90	92	83	39	35	20
— 1914	7	période de guerre	16	10	13	10	6	2	»	»	»	»	»	période de guerre	période de guerre	92	90	86	»	»	14	»
Août 1919	14	60	55	60	52	39	»	»	»	»	»	»	»	92	92	86	86	»	»	»	»	
— 1920	25	25	28	24	26	»	»	»	»	»	»	»	»	88	88	86	»	»	»	»	»	
— 1921	7	26	40	38	»	»	»	»	»	»	»	»	»	94	92	88	»	»	»	»	»	
— 1922	14	45	44	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	86	84	»	»	»	»	»	»	
— 1923	3	50	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	90	»	»	»	»	»	»	»	
— 1924	26	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Juillet 1924																						

des principaux essais de germination que j'ai eu l'occasion d'effectuer de 1913 à 1924. Les graines qui m'ont servi pour ces essais furent récoltées à Magneux (Haute-Marne), sur des pieds provenant d'un même terrain.

Germination des graines du *Mercurialis annua* L. var. *ambigua*.

Ayant eu l'occasion d'effectuer des essais de germination sur des graines de *Mercurialis ambigua*, récoltées en Algérie en 1920, j'ai constaté que celles-ci se distinguent des graines de l'espèce indigène par certains caractères :

1° Elles fournissent un pourcentage de germination plus satisfaisant, l'année même de la récolte (60 %) ;

2° Leur température minima de germination est nettement plus basse ; les graines d'Algérie germent, en effet, facilement et rapidement à 12-13°, c'est-à-dire à une température à laquelle germent difficilement celles du *Mercurialis annua*.

Ces différences, que l'on peut d'ailleurs observer chez un certain nombre d'espèces végétales, sont généralement imputées au degré de déshydratation plus avancé dans lequel se trouvent les graines des régions méditerranéennes.

§ II. — Remarques sur le déterminisme du sexe chez *Mercurialis annua* L.

La question de la détermination du sexe chez la *Mercuriale* annuelle a préoccupé de nombreux auteurs. COMBES [185], HEYER [97], HOFFMANN [101], LAURENT [107], MOLLIARD [114] se sont efforcés, notamment, d'étudier l'influence exercée sur cette détermination par différents facteurs : lumière, température, nature du sol, alimentation, etc... Mais les expériences réalisées jusqu'à ce jour restent sujettes à controverse et ne suffisent pas à démontrer l'action de ces divers agents sur la formation des sexes.

Lorsqu'on examine les différents mémoires qui ont été publiés sur cette question, on remarque que les expérimentateurs, qui prirent la *Mercuriale* annuelle comme sujet d'étude, n'ont pas tenu compte de la germination capricieuse de ses graines. Or, ainsi que je l'ai montré précédemment (p. 74), lorsqu'on sème des graines qui n'ont pas été stratifiées, un petit nombre seule-

ment d'entre elles germe immédiatement, tandis que le reste lève lentement et successivement. Il est donc permis de se demander si la lenteur et l'irrégularité de la germination ne peuvent apporter des éléments susceptibles de troubler l'interprétation des résultats et d'expliquer certaines contradictions expérimentales.

Répartition des sexes au cours de la succession des levées. — Pour me rendre compte de l'influence que peut avoir la succession des levées sur la répartition apparente des sexes, j'ai cherché à suivre la descendance de tout un semis.

Afin d'éviter toute cause d'erreur, provenant d'un réensemencement naturel, les pieds ont été supprimés dès l'apparition des caractères sexuels.

Les dates mentionnées ci-dessous sont celles de l'arrachage général ; mais le pourcentage correspondant englobe celui des jeunes plantes qui n'étaient pas différenciées au moment de la récolte et qui furent laissées en place jusqu'au début de leur floraison. De même, les pieds levés dès le début de l'expérience, et supprimés prématurément, sont compris dans le pourcentage correspondant à la première récolte :

Après chacune des récoltes indiquées, la surface enssemencée fut soigneusement scarifiée et arrosée.

Le tableau suivant mentionne les résultats obtenus à la suite du semis de 4.000 graines, effectué le 20 mars 1920, et que j'ai déjà pris comme exemple d'échelonnement des levées (p. 75).

RÉPARTITION DES SEXES AU COURS DES LEVÉES SUCCESSIVES

ÉCHELONNEMENT des récoltes	NOMBRE d'individus	PIEDS mâles	PIEDS femelles	POURCENTAGE
1. 20 juin 1920.....	780	440	340	129 ♂ p. 100 ♀
2. 20 juillet 1920.....	500	260	240	108 —
3. 1 ^{er} septembre 1920..	272	136	136	100 —
4. 30 octobre 1920....	160	73	87	84 —
5. 1921.....	310	146	164	89 —
6. 1922.....	862	442	420	105 —
7. 1923.....	168	80	88	91 —
8. 1924.....	358	184	164	118 —
TOTAL	3410	1771	1639	108 ♂ p. 100 ♀

L'examen de ce tableau permet de reconnaître :

1° Que la prédominance de l'un ou l'autre sexe varie avec les récoltes, et qu'on ne saurait se baser sur l'observation d'une seule levée pour en déduire la proportion des sexes de tout un semis ;

2° Qu'en accordant une valeur absolue aux divers pourcentages fournis par les levées successives, on s'expose à attribuer à des influences étrangères des résultats qui peuvent n'être dus qu'aux caprices de la germination.

Des ensemencements ne portant que sur quelques centaines de graines exposent à des discordances analogues, comme le montrent les essais suivants, réalisés dans des conditions extérieures identiques :

LOTS	GERMINATION p. 100	PROPORTION des pieds mâles p. 100 pieds femelles
1	10	108
2	21	78
3	34	73
4	38	118
5	42	85
6	50	98
7	60	110
8	78	100
9	86	120
10	92	130

Ces résultats sont à rapprocher de ceux qu'obtint HEYER [97], au cours de ses recherches sur la répartition des sexes chez les plantes dioïques.

Cet auteur ayant isolé 10 pieds femelles de *Mercuriale* annuelle en récolta séparément les graines qu'il sema, au printemps suivant, sur terre stérilisée. Il obtint alors la descendance suivante :

ÉCHANTILLONS	NOMBRE de pieds mâles	NOMBRE de pieds femelles	PROPORTION des pieds mâles p. 100 pieds femelles
1	254	169	150
2	59	69	85
3	222	248	91
4	63	58	108
5	111	101	109
6	153	138	110
7	142	109	130
8	56	57	98
9	70	55	127
10	166	156	106
	1296	1155	112

D'autre part, en arrachant, dans des endroits convenablement choisis, 100 pieds situés l'un à côté de l'autre, HEYER a constaté des variations de même ordre dans la proportion des pieds mâles et des pieds femelles.

Il est probable que ces discordances ne sont dues, comme les précédentes, qu'à des irrégularités germinatives. HEYER n'en a pas recherché les causes, parce qu'il n'avait en vue que l'observation de milliers d'individus, indispensable à l'établissement de la loi qui régit la distribution naturelle des sexes. Mais il fait observer que des numérations inférieures à 10.000 ne permettent pas de tirer de conclusions quant à la répartition des sexes, — la proportion entre mâles et femelles ne devenant régulière qu'à partir des dizaines de mille et constante qu'avec le vingtième mille. C'est seulement la numération de 21.000 échantillons qui lui a permis de conclure que la distribution des sexes était sensiblement la même chez la *Mercuriale* annuelle que chez l'homme : 106 mâles pour 100 femelles.

Il semble que cette proportion représente effectivement la distribution naturelle des sexes chez la *Mercuriale* annuelle ; mais, ici encore, il n'est nullement prouvé que la même répartition existe dans la graine.

De tout ce qui précède, il résulte que *Mercurialis annua* se prête mal aux recherches sur le déterminisme sexuel, et que le souci d'éviter l'influence des germinations successives doit

dominer les travaux éventuels et inciter à contrôler, en utilisant des graines stratifiées, tous les résultats basés sur l'observation de levées incomplètes.

§ III. — Observations sur le polymorphisme floral du *Mercurialis annua* L.

Le *Mercurialis annua* est une espèce polygame dont les inflorescences peuvent être dioïques, monoïques, hermaphrodites. Bien que ce polymorphisme ait déjà fait l'objet d'un grand nombre de publications, je crois utile de faire connaître ici le résultat de mes observations et de mes expériences.

I. Monoecie et Dioecie

Le *Mercurialis annua* se présente sous deux formes principales : l'une, dioïque, type de l'espèce, qui prédomine dans les régions septentrionales ; l'autre, monoïque, type *ambigua*, qui domine dans la région méditerranéenne et, en particulier, dans l'Afrique du Nord.

La séparation des sexes, chez la forme dioïque elle-même, étant loin d'être absolue, il est difficile de se prononcer sur la valeur spécifique du *Mercurialis ambigua*, que certains auteurs considèrent comme une espèce nettement définie et que d'autres regardent comme une simple variété : *Mercurialis annua* L. var. *ambigua*.

Formes monoïques. — Il résulte des observations de BUROU-LET [78], de MAIRE, de NICOLAS [117] que, sous le climat méditerranéen, la monoecie se présente, chez le type *ambigua*, sous deux formes différentes :

La première, très commune, montre, à chaque verticille, des fleurs femelles subsessiles, mélangées de fleurs mâles sessiles. C'est elle qu'on peut considérer comme la forme monoïque normale.

La seconde, moins répandue, possède des épis allongés de fleurs mâles, à l'extrémité desquels se trouvent des fleurs femelles. Elle est considérée comme anormale.

Or, pour être plus rare, la monœcie que l'on observe dans nos régions septentrionales, chez le type *annua*, n'en revêt pas moins les mêmes formes :

La plus commune est également constituée par des pieds femelles présentant un glomérule plus ou moins important de fleurs mâles, au milieu des fleurs femelles.

La moins répandue se manifeste par des pieds mâles, dont certains pédoncules floraux possèdent une fleur femelle à leur base et, plus souvent, à leur extrémité.

Les figures 2, 3 et 4 montrent la disposition relative des fleurs, telle qu'elle se présente sur des inflorescences monoïques que j'ai eu l'occasion d'observer en Haute-Marne.

La comparaison de ces échantillons avec ceux de la forme *ambigua* donne lieu aux constatations suivantes :

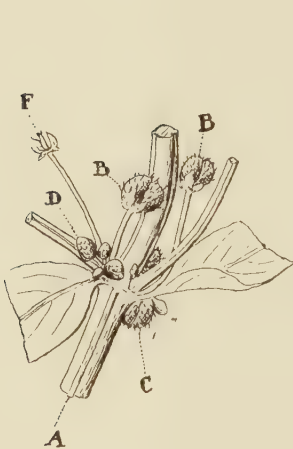


FIG. 2



FIG. 3

FIG. 2 et 3. — *M. annua*. Inflorescences de la forme monoïque à prédominance femelle : A, axe de l'inflorescence ; B, fleurs femelles pédonculées ; C, fleurs femelles sessiles et subsessiles ; D, fleurs mâles sessiles et subsessiles ; E, fleurs hermaphrodites ; F, columelles (gr. nat.).

Forme monoïque à prédominance femelle (fig. 2 et 3). — 1° Dans le *Mercurialis ambigua*, il n'existe pas, à proprement parler, de pieds à prédominance femelle, des fleurs des deux sexes se trouvant mêlées dans chaque verticille de l'inflorescence. Dans notre région, au contraire, il existe des pieds femelles qui ne présentent qu'un petit nombre de fleurs mâles ;

2° Les fleurs mâles que portent ces Mercuriales femelles sont sessiles ou presque sessiles ;

3° Les glomérules de fleurs mâles sont répartis dans tous les verticilles du *Mercurialis ambigua*, tandis qu'ils sont généralement localisés, chez le *Mercurialis annua*, dans les verticilles supérieurs de l'inflorescence ;

4° Le nombre des fleurs mâles qui composent les glomérules est très souvent supérieur à 10 chez le *Mercurialis ambigua*,



FIG. 4

FIG. 4. — *M. annua*. Inflorescence de la forme monoïque à prédominance mâle : A, axe de l'inflorescence ; B, fleurs femelles sessiles ; C, fleurs mâles pédoneulées ; D, columelle (gr. nat.).

alors qu'il est généralement inférieur à 5 sur les pieds femelles du *Mercurialis annua* ;

5° Les fleurs femelles du *Mercurialis ambigua* sont sessiles ou subsessiles ; celles du *Mercurialis annua* sont souvent pédonculées, mais, parfois aussi, subsessiles ou sessiles ;

6° Le *Mercurialis ambigua* présente, comme le *Mercurialis annua*, de nombreux fruits tricarpellés.

Forme monoïque à prédominance mâle (fig. 4). — Il suffit d'examiner l'inflorescence représentée par la figure 4 pour se rendre compte que l'on peut trouver, dans nos contrées, des échantillons correspondant, aussi exactement que possible, aux formes anormales que BUROLLET [78] a décrites dans son travail sur les *Mercurialis ambigua* de Tunisie.

Il ressort de cette comparaison que les inflorescences monoïques du *Mercurialis annua* présentent de nombreuses analogies avec celles du *Mercurialis ambigua*. Ce qui semble indiquer qu'il existe entre ces deux formes des liens de parenté très étroits.

Valeur spécifique des formes monoïques. — Mes observations sur la morphologie des formes monoïques, à prédominance femelle, concordent sensiblement avec celles qui furent faites, dans le Nord de la France, par BLARINGHEM [73].

Les variations de sexualité signalées par cet auteur ont été principalement observées sur des pieds de *Mercuriale annuelle* rencontrés à l'automne ; ce qui lui a permis de conclure que, dans l'ensemble, la tendance des plantes femelles à donner des fleurs mâles augmente avec l'âge et, sans doute aussi, avec le ralentissement de la croissance végétative.

Evidemment, cette conclusion est celle qui découle de l'examen des individus qui poussent dans les cultures sarclées. Levés en juillet, après l'époque des « façons d'entretien », ces pieds n'atteignent guère leur maturité qu'à l'automne ; et les fleurs mâles que l'on rencontre à la base des axes floraux des pieds femelles ne s'ouvrent généralement pas.

Personnellement, jusqu'en 1919, je n'avais eu l'occasion de remarquer que les types de monœcie décrits par BLARINGHEM ; mais, au cours de cultures que je poursuis depuis cette époque, à Magneux (Haute-Marne), sur un terrain d'une superficie de 8 ares, j'ai pu étendre mes investigations. C'est ainsi que depuis

1920 j'ai pu récolter, dès le début de juillet, des pieds femelles en pleine vigueur, présentant les caractères morphologiques des pieds monoïques d'automne, avec cette différence toutefois que les fleurs mâles étaient généralement ouvertes. Certains exemplaires portaient des fleurs mâles épanouies sur le 4^e nœud de la tige principale, soit à 35 centimètres du sommet de l'inflorescence.

L'apparition des fleurs mâles sur les pieds femelles ne semble donc pas due uniquement à l'âge de la plante et à la saison (1).

D'année en année, j'ai vu la fréquence de ces cas de monœcie augmenter ; si bien qu'en juillet 1922, sur 100 pieds femelles arrachés au hasard dans mon terrain de culture, il était possible, à première vue, de trouver 20 individus monoïques.

Cette augmentation progressive des types monoïques semble indiquer l'intervention d'une influence héréditaire.

J'ai essayé de vérifier cette hypothèse en semant, à la fin de l'automne 1922, dans une parcelle de 20 mètres carrés, 50 gr. de graines provenant de pieds nettement monoïques et, dans un carré voisin de même superficie, la même quantité de semences récoltées sur des pieds apparemment dioïques. En juillet 1923, la proportion des échantillons dérivant de la forme monoïque primitive s'élevait à 17 % dans la parcelle d'essai, tandis qu'elle ne dépassait pas 3 % dans le carré témoin.

Ces résultats semblent révéler un certain degré de transmission héréditaire de la monœcie chez les formes à prédominance femelle. C'est à une conclusion semblable, mais plus évidente, que je suis arrivé pour la seconde forme de monœcie.

En effet, la forme monoïque à prédominance mâle, que je n'avais rencontrée qu'assez rarement avant 1919, s'est généralisée comme la précédente, d'une façon très nette, au cours de quatre années de culture. Ainsi, la proportion de ses représentants, qui en 1921 n'était guère que de 1 p. 2.000, atteignait sensiblement 1 p. 500 en 1923.

Il est d'ailleurs facile d'isoler des graines de cette forme et d'en suivre la descendance. Deux semis effectués en 1923, dans

(1) Au cours de ses recherches sur « la détermination du sexe du *Mercurialis annua* par isolement des plantes femelles », G. Bitter [69] a trouvé des fleurs mâles sur tous les exemplaires femelles qu'il cultivait en serre, même au début de leur floraison.

des caisses remplies de terre stérilisée et avec des graines récoltées en 1921 et en 1922, m'ont fourni les résultats suivants :

GRAINES RÉCOLTÉES en 1921 (Germées p. 100 : 26)	{	Pieds ♂	10
		Pieds ♀	2
		Pieds ♂ ♀ à prédominance ♂.	14
GRAINES RÉCOLTÉES en 1922 (Germées p. 100 : 15)	{	Pieds ♂	7
		Pieds ♀	2
		Pieds ♂ ♀ à prédominance ♂.	6

Un accident survenu à mes caisses d'expériences m'a empêché de suivre plus longtemps la descendance des semis. Néanmoins, ces deux essais montrent nettement que les graines provenant des pieds à prédominance mâle présentent une tendance marquée à la monœcie. En effet, dans le premier cas, plus de la moitié de la levée a reproduit le type primitif.

L'apparition des fleurs femelles sur les pieds mâles ne semble pas en rapport avec l'âge de la plante et la saison ; car on rencontre, dès le début de juillet, des échantillons chez lesquels les inflorescences mâles ne sont qu'au début de leur floraison et dont les fruits ont atteint leur pleine maturité (fig. 4).

Bien que mes résultats ne soient pas définitifs, ils semblent indiquer que les deux formes que l'on rencontre dans nos régions ne sont pas accidentellement monoïques, et qu'il doit être possible d'isoler des lignées tendant de plus en plus à la monœcie. Les formes trouvées dans mes cultures paraissent, en effet, plus nettement monoïques que celles qui furent observées, en Amérique, par YAMPOLSKY [150].

Le cas de COSSON et de GERMAIN DE SAINT-PIERRE (1), cherchant vainement en 1845 la variété *ambigua* signalée par MÉRAT, trente ans auparavant, dans la forêt de Saint-Germain, ne doit pas nous surprendre. En effet, la germination des graines du *Mercurialis annua* s'étend généralement sur une si longue période, qu'il faut prévoir une apparition irrégulière des spécimens monoïques. Ceux-ci peuvent donc faire défaut en des endroits où l'année précédente ils existaient en pleine floraison. Et ce n'est que là où ils ont pu se multiplier abondamment, que l'on peut espérer les retrouver chaque année, en proportions d'ailleurs variables.

(1) Cité par REYNIER [124].

Afin d'établir une comparaison entre les formes monoïques septentrionales et celles de l'Afrique du Nord, j'ai semé en 1921, en Haute-Marne, des graines de *Mercurialis ambigua* récoltées aux environs d'Alger. Depuis cette époque, je continue à récolter des échantillons qui reproduisent fidèlement le type primitif.

Les résultats fournis par cette culture ne font que confirmer ceux que NICOLAS [117] obtient depuis 1920, à Nans (Doubs), avec des graines de même provenance. S'ils ne suffisent pas à prouver que le *Mercurialis ambigua* constitue un type bien défini, distinct du *Mercurialis annua*, ils établissent du moins que les caractères de la forme *ambigua* se transmettent avec une certaine fixité.

D'autre part, si l'on admet que les exigences thermiques des espèces végétales dépendent du climat de leur pays d'origine, il est permis de supposer que le *Mercurialis annua* est originaire des régions méridionales. Ainsi que je l'ai montré précédemment, il se distingue nettement de nos plantes indigènes par la température minima qu'exige sa germination (12-13°).

Ces faits semblent étayer l'hypothèse émise par BUROLLET [78], suivant laquelle la forme monoïque a pu constituer primitivement le type normal du *Mercurialis annua*. Les formes strictement dioïques de nos régions ne seraient que des dérivés adaptés aux contrées septentrionales, et nos échantillons monoïques, des témoins de la monœcie primitive.

Quoi qu'il en soit, de l'ensemble des observations précédentes, on peut tirer les déductions suivantes :

1° La monœcie revêt les mêmes formes dans nos régions septentrionales que sous le climat méditerranéen : la plus commune est à prédominance femelle, la moins répandue, à prédominance mâle ;

2° L'apparition des formes monoïques signalées dans cette note ne semble guère dépendre de l'âge de la plante ou de la saison ;

3° Les graines du *Mercurialis ambigua* reproduisent le type monoïque, et celles qui proviennent des formes monoïques septentrionales présentent une tendance marquée à la monœcie.

II. Hermaphroditisme

Le *Mercurialis annua* présente assez souvent des fleurs bisexuées. Cet hermaphroditisme, qui fut signalé à différentes reprises, a été décrit longuement par MOLLIARD [113], par BLARINGHEM [73], ainsi que par YAMPOLSKY [150].

J'ai eu moi-même l'occasion d'observer, en Haute-Marne, un assez grand nombre de fleurs hermaphrodites qui se trouvaient sur des pieds mâles ou sur des pieds femelles. Mais c'est sur ces derniers que j'ai rencontré les fleurs bisexuées les plus nettes.

Celles-ci étaient situées, soit à la base des axes floraux, soit sur le pédoncule des fleurs femelles. Lorsqu'elles étaient encore closes, elles pouvaient être prises pour des fleurs mâles et ne s'en distinguaient que par leur volume apparent, un peu plus considérable (E, fig. 2 et 3). En écartant les sépales, on pouvait entrevoir deux carpelles, entourés de 1 à 6 étamines bien constituées, à filets simples et courts.

Il semble donc que ces fleurs hermaphrodites diffèrent légèrement de celles qui furent observées par L. BLARINGHEM au Plessis-Macé, et chez lesquelles les étamines ne se formaient que lorsque les stigmates étaient déjà étalés.

Elles se rapprochent davantage de celles que décrivirent BAILLON [66] en 1857 et HOFFMANN [100] en 1871.

En examinant minutieusement certaines fleurs femelles, ces auteurs ont trouvé des anthères complètement cachées entre le périanthe et le pistil, et qu'il était impossible d'apercevoir extérieurement.

Dans tous les cas, mes observations ne font que confirmer l'existence, chez le *Mercurialis annua*, de fleurs nettement hermaphrodites, qui ne sauraient être confondues avec les fleurs « semi-hermaphrodites » sur lesquelles REYNIER [124] a attiré l'attention en 1922. Si les fleurs femelles des espèces diverses du genre *Mercurialis* possèdent normalement, entre le périgone et le pistil, 2-3 filaments, il semble établi, par les recherches de WEISS [145] et de BITTNER [69], que ces organes ne doivent pas être considérés comme des étamines réduites à leurs filets, mais comme des nectaires (*Staminodieähnlichen neclarien*).

CHAPITRE II

Mercurialis perennis L.

§ I. — Germination et premier développement

La graine du *Mercurialis perennis* provient du développement d'un ovule anatrope ; son micropyle est donc voisin de son hile , et c'est par conséquent près du point d'attache de la graine que l'on trouve l'embryon. Celui-ci présente les mêmes caractères que celui des *Mercurialinées* en général : cotylédons foliacés, larges et plats, entourés complètement par l'albumen.

Lors de la germination, le tégument se déchire dans la région caronculaire, et on voit sortir, à ce niveau, la pointe de la radicule, bientôt suivie de l'axe hypocotylé dont la longueur atteint 10 à 15 millimètres et dont le diamètre, nettement supérieur à celui de la racine, permet de distinguer facilement la région du collet.

La racine s'enfonce profondément dans la terre ; son assise pilifère présente des poils beaucoup moins nombreux et moins longs que celle du *Mercurialis annua*. Bientôt, on voit naître, à la base de l'axe hypocotylé, une première radicelle.

Un peu plus tard, les cotylédons, restés très longtemps réunis et entourés par l'albumen, s'écartent et laissent la gemmule se développer plus ou moins, suivant le degré d'enfouissement de la graine. Les feuilles cotylédonaires restent habituellement sous terre ; mais, lorsque la graine a germé à la surface du sol, elles sont épigées. Dans ce dernier cas, elles ne s'accroissent pas sensiblement, mais leur limbe s'épaissit et verdit. Les figures 5 et 6 montrent les phases successives de la germination.

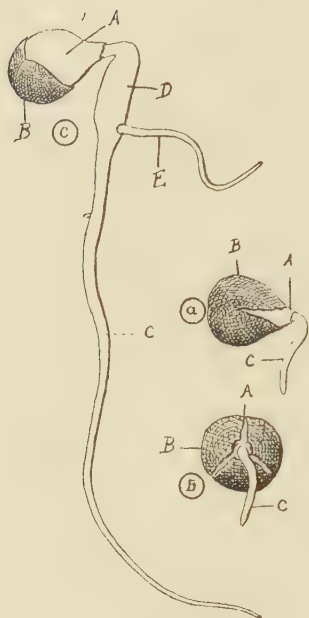


FIG. 5

FIG. 5. — Etats successifs d'une germination du *Mercurialis perennis* : a, graine au début de la germination avec testa fendu en 2 valves ; b, autre graine avec testa à 3 valves ; c, graine en germination au moment de la chute des téguments ; A, albumen ; B, téguments de la graine ; C, radicule ; D, axe hypocotylé ; E, première radicelle (gr. 3).

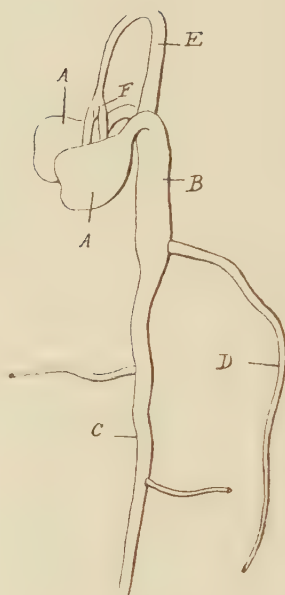


FIG. 6

FIG. 6. — Germination du *Mercurialis perennis*, au moment de l'écartement des cotylédons : A, cotylédons ; B, axe hypocotylé ; C, racine principale ; D, première radicelle ; E, tige ; F, bourgeon terminal (gr. 4).

C'est généralement six semaines à deux mois après la rupture des téguments que commencent à s'épanouir les deux feuilles primordiales.

Conditions de la Germination

Températures critiques. — D'après mes essais, les degrés de chaleur minima, optima et maxima, qui régissent la germination du *Mercurialis perennis*, seraient les suivants :

Minimum : 1-2°.
Optimum : 13-15°.
Maximum : 20-22°.

La faculté germinative des graines est considérablement atténuée par certaines influences qui en rendent en même temps la détermination délicate.

1° *Pourcentage notable de graines stériles.* — Une quantité appréciable de graines, en apparence bien développées, sont mal conformées. Il est facile de s'en rendre compte en procédant à un examen minutieux de 100 graines prises au hasard. Très souvent, l'amande est incomplète ou fait défaut. La proportion de ces malformations varie avec les récoltes et peut dépasser 75 %.

2° *Inertie physiologique des graines vivantes.* — Placées dans un milieu humide convenable, les graines normalement constituées gonflent rapidement, mais ne commencent à germer que 2 à 11 mois après la récolte. C'est ce que montrent les essais de germination ci-dessous, effectués sur terreau, à une température variant entre 10 et 15° :

ÉPOQUE DE LA RÉCOLTE	DATE DU SEMIS	DATE DE LA GERMINATION
Juin 1919	8 juin 1919	1 ^{er} -10 septembre 1919
Mai 1920.	26 mai 1920	10-15 septembre 1920
Mai 1921.	12 juin 1921	1 ^{er} -10 janvier 1922
Juin 1922	2 juin 1922	15-20 mai 1923
Mai 1923.	28 mai 1923	5-10 septembre 1923
Juin 1924	10 juin 1924	1 ^{er} -10 août 1924

Afin de savoir si cette inertie n'est pas imputable à l'imperméabilité des téguments, j'ai immergé plusieurs lots de semences dans la solution aqueuse, saturée d'acide picrique.

DURÉE DE L'IMMERSION	GRAINES imbibées p. 100
2 jours	25
4 jours	70
8 jours	82
10 jours	100

J'ai pu ainsi me rendre compte que le retard apporté à la pénétration de l'eau, tout en étant plus considérable chez les graines du *Mercurialis perennis* que chez celles du *Mercurialis annua*, ne suffit pas à expliquer la lenteur avec laquelle la germination s'engage.

Il semble donc permis de classer les graines de la *Mercuriale* vivace parmi les graines « fraîches » (1).

3° *Lenteur du processus germinatif.* — Non seulement la germination débute tardivement, mais elle n'est jamais simultanée, même lorsqu'on utilise des graines ayant acquis leur maturité physiologique. Je n'en veux pour preuve que l'exemple ci-dessous :

SEMIS EFFECTUÉ, LE 10 AOÛT 1921, AVEC 500 GRAINES
RÉCOLTÉES EN MAI 1920.

DATE DES OBSERVATIONS		NOMBRE de germinations	
1921	{ 1 ^{er} septembre.....	4	61
	{ Du 2 septembre au 31 décembre.....	57	
1922		0	0
1923	{ Du 1 ^{er} janvier au 30 avril.....	0	29
	{ Du 1 ^{er} mai au 30 juin.....	26	
	{ Du 1 ^{er} juillet au 31 août.....	0	
	{ Du 1 ^{er} septembre au 31 décembre.....	3	
1924	{ Du 1 ^{er} janvier au 1 ^{er} mars.....	30	35
	{ Du 2 mars au 1 ^{er} octobre.....	0	
	{ Du 2 octobre au 31 décembre.....	5	
			125

Soit 25 % de graines germées en trois ans et demi.

Par suite de cette germination capricieuse et lente, les essais de germination doivent être effectués avec un très grand nombre de graines et poursuivis pendant plusieurs années.

4° *Durée du pouvoir germinatif.* — Les graines conservées à l'air libre perdent assez vite leur faculté germinative, ainsi

(1) On appelle « graines fraîches » des graines à tégument perméable qui gonflent sous l'influence de l'humidité, mais qui se refusent à germer aussitôt après la récolte,

que le montrent les résultats suivants, obtenus avec des échantillons récoltés en juin 1919.

AGE DES GRAINES	GERMINATION p. 100
Graines de l'année	15
— 1 an	13
— 2 ans	6
— 3 ans	1,5
— 4 ans	0

Il convient de remarquer que les graines enfouies dans le sol conservent plus longtemps leur pouvoir germinatif. Des semences récoltées, comme les précédentes, en juin 1919 furent enterrées profondément aussitôt après la récolte. Ramenées à la surface du sol, en septembre 1922, elles commencèrent à germer quelques jours plus tard et, à la fin de 1924, le taux de la germination atteignait 14 %.

5° *Variations du taux de la germination avec le milieu de culture.* — La lenteur du processus germinatif et les résultats négatifs fournis par les milieux artificiels m'ont conduit à effectuer mes essais de germination en pots et à l'air libre. J'ai pu constater, avec des graines récoltées en 1919, que les résultats varient avec la nature du sol et que, sur terreau, le rendement obtenu est toujours plus élevé que sur terre de jardin.

	GERMINATION p 100	
	SUR TERRE	SUR TERREAU
Graines de l'année . . .	9	15
— 1 an	6	13
— 2 ans	2	6
— 3 ans	0	1,5

Faculté germinative. — En raison de la proportion considérable de graines stériles que donne cette espèce, le taux de la germination est toujours faible, même lorsqu'on opère dans

les conditions les plus favorables. On peut s'en rendre compte d'après les pourcentages maxima, obtenus de 1919 à 1923 :

RÉCOLTES	GERMINATION P. 100
1919.....	15
1920.....	25
1921.....	2
1922.....	22
1923.....	10

Si on fait abstraction des résultats obtenus en 1921, et qu'on peut attribuer aux influences climatiques qui présidèrent à la maturation de la graine, on voit que le taux de la germination ne dépasse pas 25 %.

Dans la nature, ce pourcentage est d'ailleurs loin d'être atteint. Au cours de mes recherches biochimiques, qui me fournirent l'occasion d'arracher des milliers de pieds de *Mercuriale vivace* et m'obligèrent à fouiller le sol en toute saison, j'ai à peine rencontré une centaine de plantules.

Cette propagation insignifiante résulte non seulement de la fréquente stérilité des graines, mais aussi de leur faible dissémination. Tandis que la *Mercuriale annuelle* produit, par pied femelle, jusqu'à 4.000 graines, la *Mercuriale vivace* en donne exceptionnellement une trentaine et, très souvent, 2 à 4.

Une reproduction séminale aussi amoindrie n'est peut-être pas surprenante chez une plante vivace qui, comme on le verra plus loin, se multiplie très facilement par rhizomes.

§ II. — Développement de la plante

La germination des graines du *Mercurialis perennis* s'effectue généralement en automne ou à la fin de l'hiver ; et c'est habituellement en février que les premières feuilles commencent à apparaître.

A ce moment, l'appareil végétatif de la plante atteint 10 à 12 centimètres de longueur (fig. 7) et comprend : 1° une tige

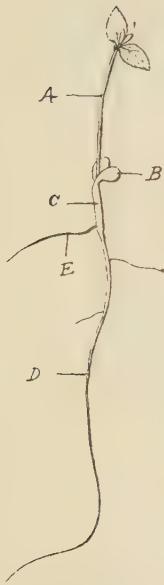


FIG. 7.

FIG. 7. — Jeune *Mercuriale* vivace avec sa première paire de feuilles : A, tige feuillée ; B, cotylédons ; C, axe hypocotylé ; D, racine principale ; E, première radicelle (gr. nat.).



FIG. 8.

FIG. 8. — *Mercuriale* vivace à 2 paire de feuilles : A, tige feuillée ; B, bourgeons cotylédonaire ; C, cotylédons ; D, axe hypocotylé ; E, racine principale (gr. nat.).

FIG. 9. — *Mercuriale* vivace à 3 paires de feuilles : A, tige feuillée ; B, bourgeons cotylédonaire ; C, cotylédons ; D, axe hypocotylé ; E, racine principale ; F, racines latérales (1/2 gr. nat.).

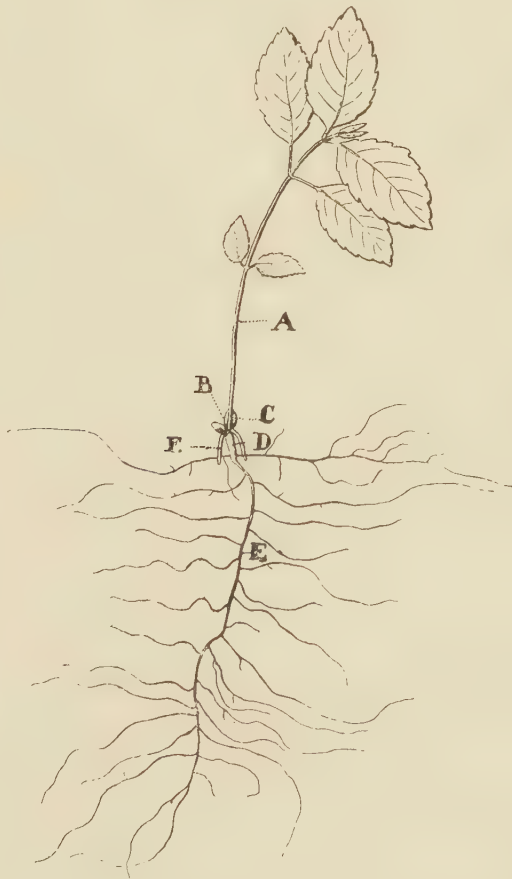


FIG. 9.

de 2 à 4 centimètres, terminée par un bourgeon entouré de deux petites feuilles ; 2° l'axe hypocotylé, avec une radicelle latérale et les cotylédons en voie d'épuisement ; 3° la racine principale, avec une ou deux radicelles.

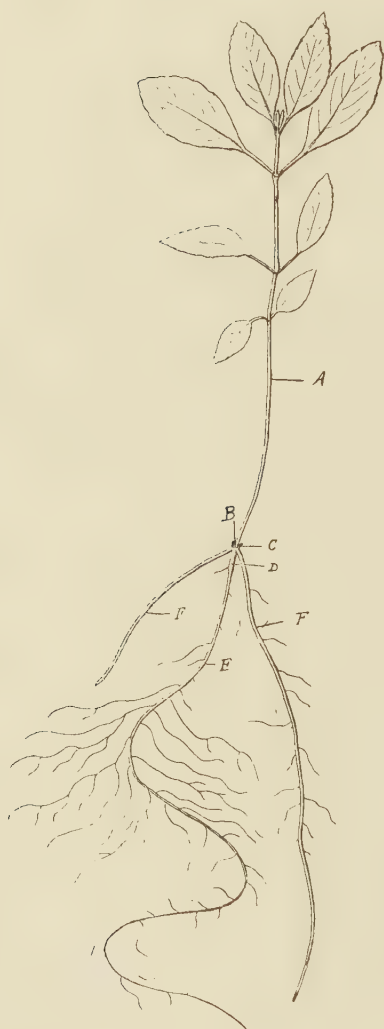


FIG. 10.

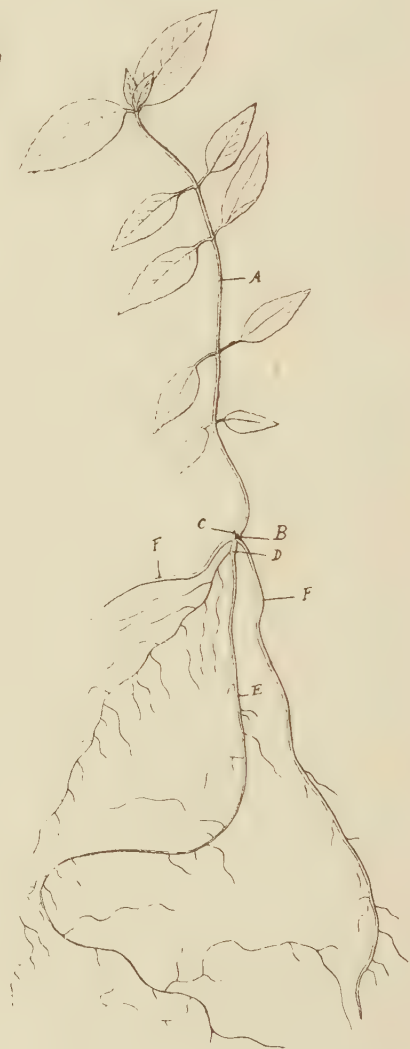


FIG. 11.

FIG. 10 et 11. — Pieds de *Mercuriale vivace* ayant 4 et 5 paires de feuilles : A, tige feuillée ; B, bourgeons cotylédonaire ; C, traces cotylédonaire ; D, axe hypocotylé ; E, racine principale ; F, racines latérales (12 gr. nat.).

Le bourgeon terminal se développe, et la partie aérienne de la plante présente, au bout de deux à trois mois, 4-5 paires de feuilles (fig. 8 à 11). Pendant ce temps apparaissent, au sommet



FIG. 12.

FIG. 12. — Jeune *Mercuriale vivace*, 7 mois après la levée : A, tige feuillée ; B, rameaux souterrains de 1^{re} catégorie ; C, axe hypocotylé ; D, racine principale ; E, première paire de racines du nœud cotylédonaire ; F, deuxième paire de racines du nœud cotylédonaire (12 gr. nat.).

de l'axe hypocotylé et au niveau de la gaine cotylédonaire, deux racines adventives d'un diamètre sensiblement supérieur

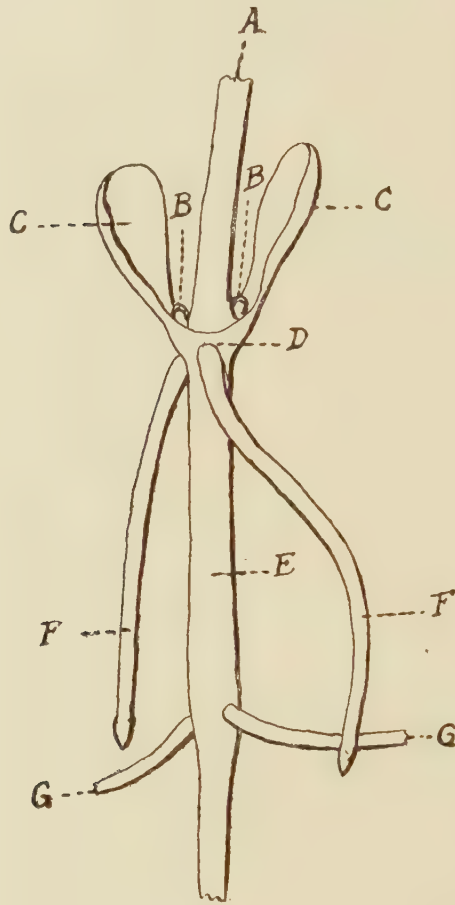


Fig. 13.

Fig. 13. — Région hypocotylée montrant l'origine des racines chez une plante à 3 paires de feuilles (fig. 9) : A, axe de la tige; B, bourgeons cotylédonaire; C, cotylédons; D, gaine cotylédonaire; E, axe hypocotylé; F, racines latérales partant immédiatement au dessous du bord supérieur de la gaine des cotylédons; G, radicelles (gr. 4).

à celui de la racine primitive (fig. 9 à 11 et fig. 13). Un peu plus tard, d'autres racines apparaissent au-dessus de la gaine cotylédonaire (fig. 12 et fig. 14).

Pendant l'été, la tige feuillée atteint son complet développe-

ment, tandis que s'accroît considérablement le système radicaire (fig. 12). Les cotylédons sont tombés et on distingue très nettement la présence de bourgeons qui se sont constitués à leur aisselle, dès l'apparition de la seconde paire de feuilles.

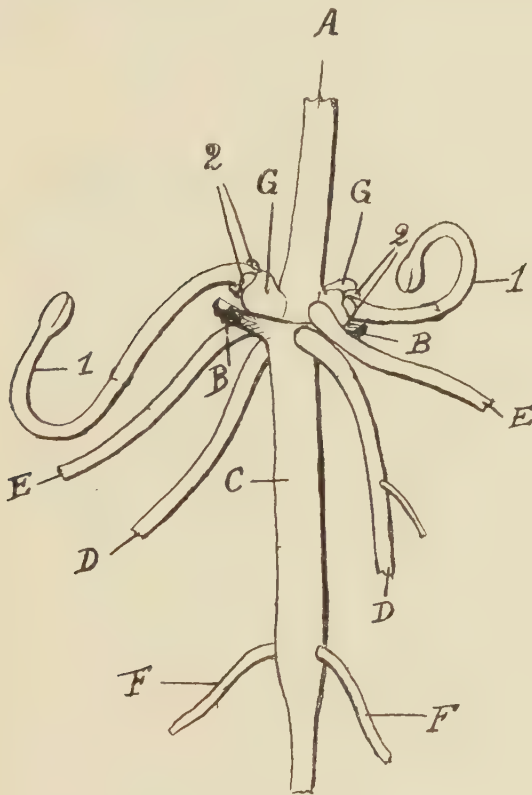


FIG. 14.

FIG. 14. — Nœud cotylédonaire chez une plante à 6 paires de feuilles (fig. 12) : A, axe de la tige ; B, cotylédons ; C, axe hypocotylé ; D, première paire de racines latérales nées au dessous de la gaine cotylédonaire ; E, deuxième paire de racines latérales nées au dessus de la gaine cotylédonaire ; F, radicelles ; 1, rameaux de 1^{re} catégorie ; 2, bourgeons de 2^e catégorie ; G, écailles des bourgeons de 1^{re} catégorie (gr. 4).

Le nœud cotylédonaire possède, à l'aisselle de chaque cotylédon, un bourgeon, assez vite apparent, qui devient l'origine d'une importante ramification dont les figures 13 à 17 permettent de suivre les étapes. Chaque bourgeon axillaire est formé de deux écailles à développement limité, enveloppant le

bourgeon terminal d'un rameau de 1^{re} catégorie. Ce rameau s'allonge, pendant qu'à l'aisselle de chacune de ses deux écailles basilaires (fig. 14) apparaît un bourgeon latéral.

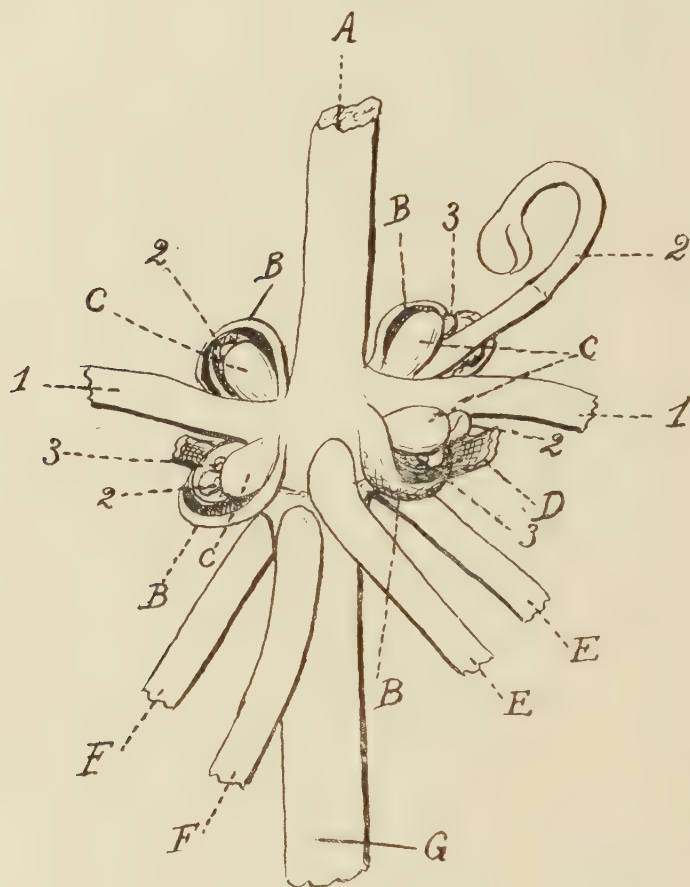


FIG. 15.

FIG. 15. — Nœud cotylédonaire d'un pied de 10 mois : A, axe de la tige ; B, écailles des bourgeons de 1^{re} catégorie ; C, écailles des bourgeons de 2^e catégorie ; D, cotylédons ; E, racines latérales nées au dessus de la gaine cotylédonaire ; F, racines latérales nées au dessous de la gaine cotylédonaire ; G, axe hypocotylé ; 1, rameaux de 1^{re} catégorie ; 2, rameaux de 2^e catégorie ; 3, bourgeons de 3^e catégorie (gr. 6).

Chacun de ces bourgeons latéraux présente également deux écailles à développement limité (c, fig. 15), enveloppant le bourgeon terminal d'un rameau de 2^e catégorie (2, fig. 15). Ce

rameau de 2^e catégorie évolue comme le premier et présente de très bonne heure, à sa base, deux bourgeons axillaires qui donneront à leur tour des rameaux de 3^e catégorie, etc. (fig. 16).

Si tous ces rameaux se développaient également, il y aurait donc 2 rameaux de 1^{re} catégorie, 4 de 2^e, 8 de 3^e, etc...

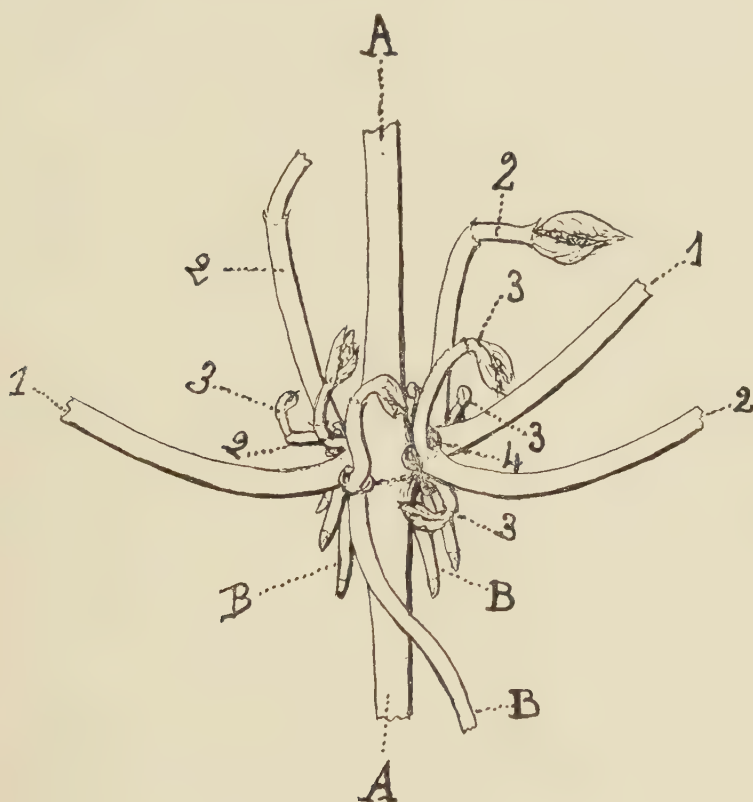


FIG. 16.

FIG. 16. — Deuxième nœud d'une tige aérienne couchée et à développement luxuriant : A, axe de la tige; B, racines; 1, rameaux de 1^{re} catégorie; 2, rameaux de 2^e catégorie; 3, rameaux de 3^e catégorie; 4, bourgeons de 4^e catégorie (gr. 4).

Cette ramification, au niveau du nœud cotylédonaire, se développe plus ou moins suivant les cas.

Lorsque les feuilles cotylédonaire sont épigées, ce qui est exceptionnel, les bourgeons situés à leur aisselle évoluent en rameaux feuillés, dès que la plante possède 2 ou 3 paires de feuilles.

Normalement, le nœud cotylédonaire est hypogé et les rameaux des différentes catégories sont souterrains.

Presque tous les exemplaires possèdent des rameaux souterrains de première et de deuxième catégorie ; un certain nombre en possèdent de troisième (fig. 15 et 16). Quel que soit le nombre de ces rameaux, chacun d'eux naît avec deux bourgeons à sa base ; parmi ces bourgeons, les uns donnent naissance à un rameau, et les autres restent expectants.

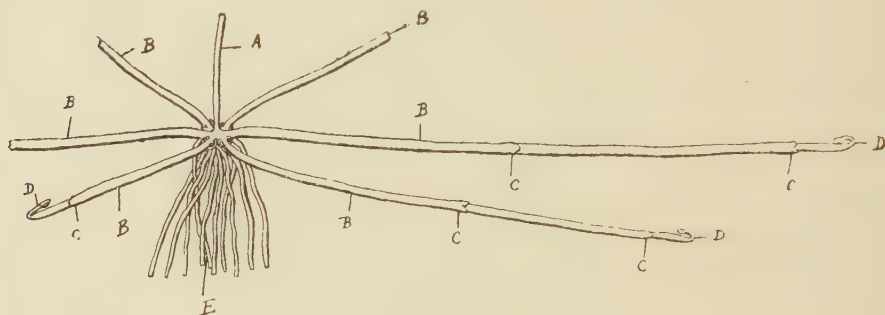


FIG. 17.

FIG. 17. — Région basilaire de la tige montrant la ramification dont est le siège le nœud cotylédonaire chez un pied de 10 mois : A, tige feuillée ; B, rameaux souterrains ; C, nœuds ; D, bourgeons terminaux ; E, racines (12 gr. nat.).

C'est généralement de juin à août, lorsque la tige aérienne a terminé sa croissance (fig. 12), que les bourgeons commencent à donner des rameaux souterrains. Ceux-ci croissent horizontalement à une profondeur variable au-dessous de la surface du sol et se développent très lentement pendant tout l'hiver. Ils sont blanchâtres, mesurent de 2 à 3 millimètres de diamètre, et leur longueur, lorsqu'ils sont parvenus à leur complet développement, varie entre 5 et 50 centimètres. A ce moment, ils présentent sur leur trajet 2 à 4 nœuds pourvus de deux écailles, séparés par des entre-nœuds de longueur variable, et possèdent un bourgeon terminal très différencié. Sur toute la surface de ces rameaux, on observe souvent de très nombreux poils unicellulaires, analogues aux poils radicaux.

A la reprise de la végétation, c'est-à-dire au début de février, le bourgeon terminal se redresse rapidement pour arriver à la surface du sol où il se développe, en peu de temps, donnant une tige feuillée et généralement florifère.

La pousse annuelle se compose donc de deux parties : l'une, basilaire et souterraine, vivace, sous forme de rhizome ; et l'autre, aérienne, caduque.

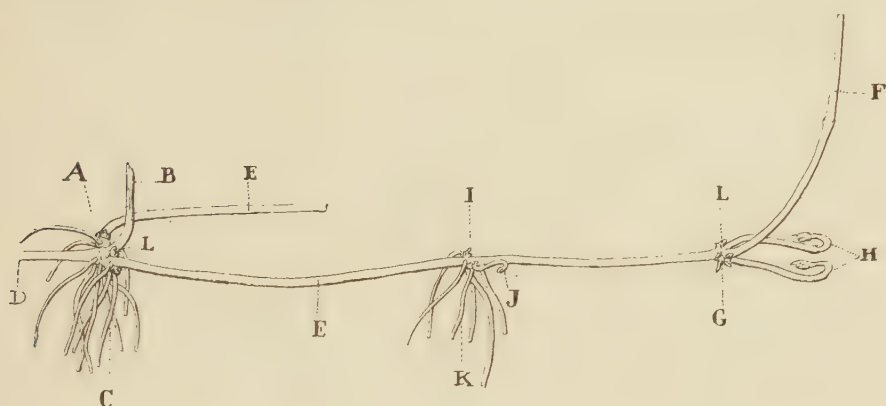


FIG. 18.

FIG. 18. — Portion de l'appareil souterrain : A, nœud basilaire d'une tige tombée ; B, base de la tige tombée ; C, faisceau racinaire du nœud basilaire de la tige B ; D, rhizome initial ; E, rameaux souterrains de 1^{re} catégorie ; F, tige feuillée de l'année ; G, nœud basilaire de la tige feuillée ; H, rameaux souterrains de 1^{re} catégorie ; I, nœud intercalaire ; J, rameau de 1^{re} catégorie issu du nœud intercalaire ; K, faisceau racinaire du nœud intercalaire ; L, bourgeons de 2^e catégorie (1 2 gr. nat.).

Le premier système racinaire suffit généralement à l'alimentation des tiges aériennes pendant la végétation printanière et jusqu'à la maturation des graines. A ce moment, on voit apparaître des racines aux nœuds souterrains, en même temps que les bourgeons axillaires des écailles de ces nœuds commencent à donner des rameaux qui constitueront de nouveaux rhizomes (fig. 18).

Vue d'ensemble du développement du *Mercurialis perennis* L.

L'évolution de la plante, en partant de la graine, peut se résumer de la façon suivante :

La première année est caractérisée par l'apparition d'une tige aérienne stérile et par le développement, dès le début de la sève d'août, de rameaux souterrains de premier, deuxième ou troisième ordre (fig. 19).

Au seuil de la deuxième année de végétation, la tige feuillée primitive a disparu en partie, mais sa base persiste encore quelque temps sous forme d'un *chicot* plus ou moins long, à la base duquel le nœud cotylédonaire continue à vivre souterrainement. Les rameaux souterrains, dont le développement



FIG. 19.



FIG. 20.



FIG. 21.

FIG. 19, 20 et 21. — Représentation schématique du développement du *Mercurialis perennis* aux 3 stades suivants :

FIG. 19. — Première année ;

FIG. 20. — Deuxième année ;

FIG. 21. — Troisième année.

s'est poursuivi pendant l'hiver, se développent en tiges dressées florifères. A l'époque de la maturation des graines, aux nœuds des rhizomes, on voit apparaître des racines adventives, et des bourgeons axillaires qui se développeront en nouveaux rameaux souterrains (fig. 20).

Pendant la troisième année, les rameaux souterrains, déve-

loppés en fin de 2^e année (fig. 20), donnent de nouvelles tiges aériennes. Le nœud cotylédonaire, les nœuds de la base des tiges de 2^e année et les nœuds intercalaires peuvent donner de nouveaux bourgeons, dont le développement compliquera singulièrement la morphologie de l'appareil souterrain de la plante (fig. 21).

Dès la quatrième année, l'ensemble de l'appareil végétatif souterrain constitue un système inextricable de rhizomes, au milieu duquel il devient presque impossible de retrouver le nœud cotylédonaire.

La végétation aérienne prend également une extension considérable. Alors que pendant les premières années, elle semble présenter un développement centrifuge, elle ne tarde pas, par suite de la persistance de la ramification au niveau de tous les nœuds, à constituer ces taches de verdure qu'on rencontre dans les endroits où la *Mercuriale* vivace végète depuis longtemps.

Influence de la nature du sol sur le développement du *Mercurialis perennis* L.

Le développement de la *Mercuriale* vivace varie considérablement avec les milieux dans lesquels elle croît.

Dans une terre riche en humus, la végétation de la plante se déroule rapidement. Des pieds, issus de graines germées pendant l'automne 1920, se sont développés, en 1921, suivant le processus précédemment exposé. Ils ont fourni, en juin 1922, des graines qui germèrent quelques mois plus tard.

Par contre, en terre de mauvaise qualité, la végétation s'effectue avec une extrême lenteur. Des plantes semées en juin 1919, dans une portion de jardin considérée comme impropre à la culture et n'ayant jamais été fertilisée, ont fourni chaque année une tige aérienne ne possédant que 3-4 paires de feuilles peu développées. Leur appareil souterrain est rudimentaire et se réduit à une souche sans ramification. Dans ces conditions, on ignore au bout de combien d'années la plante deviendra florifère.

Les observations suivantes montrent que l'évolution des bourgeons axillaires de la *Mercuriale* vivace varie considérablement avec le milieu où pousse la plante :

En avril 1921, 4 lots de 3 plantes, possédant chacun 2 paires de feuilles, furent repiqués dans des caisses contenant respectivement :

- 1) De la terre de mauvaise qualité ;
- 2) De la terre de jardin ;
- 3) Du terreau ;
- 4) Du terreau additionné de nitrate d'ammoniaque.

Chaque groupe mis en expérience fut alors abandonné aux mêmes conditions extérieures de température, de lumière et d'humidité. Le tableau suivant donne la répartition des tiges aériennes dans les différents lots, au fur et à mesure des années de culture.

	1921	1922	1923	1924
Groupe 1.....	3	3	3	3
— 2.....	3	16	40	75
— 3.....	3	20	81	230
— 4.....	3	31	140	620

Ces résultats montrent que, dans un sol fertile et meuble, la multiplication de la plante, par bourgeons souterrains, peut atteindre des proportions remarquables.

L'importance de la ramification souterraine dépend donc nettement de la nature et de la fertilité du sol. Il en est d'ailleurs de même en ce qui concerne la ramification aérienne. En effet, dans les milieux riches en humus, il arrive souvent que les bourgeons cotylédonaire ne sont pas les seuls à se développer, et que ceux qui les surmontent fournissent des rameaux.

Les nœuds caulinaires situés au niveau du sol donnent des rameaux souterrains, tandis que les nœuds aériens donnent des rameaux feuillés, qui resteront simples ou présenteront, à leur tour, de nombreuses ramifications.

La différence qui existe entre le développement des appareils végétatifs, en terrain riche ou en terrain pauvre, permet de conclure que la nutrition par les racines joue un rôle considérable chez le *Mercurialis perennis*.

La figure 22 donne une idée de l'importance que peuvent atteindre les diverses ramifications chez une plante âgée de



FIG. 22.

FIG. 22. — Photographie d'une plante de 20 mois, cultivée sur terreau additionné de nitrate d'ammoniaque : A, rameaux souterrains — au nombre de 20 — issus du nœud cotylédonaire ; B, rameaux souterrains — 5 — issus du deuxième nœud de la tige feuillée P ; C, deuxième nœud de la tige P ; D, rhizome d'un an ; E, faisceau radiculaire du deuxième nœud de la tige P ; F, rameaux souterrains — 10 — issus du premier nœud ou nœud basilaire de la tige P ; G, nœud basilaire de la tige P ; H, nœud cotylédonaire ; I, faisceau radiculaire du nœud basilaire de la tige P ; J, faisceau radiculaire du nœud cotylédonaire ; K, faisceau radiculaire du nœud basilaire de la tige O ; L, nœud basilaire de la tige O ; M, rameaux souterrains — 13 — issus du nœud basilaire de la tige O ; N, rhizome d'un an ; O, tige feuillée et florifère portant 10 rameaux et de nombreux bourgeons axillaires plus ou moins développés ; P, tige feuillée et florifère portant 5 rameaux et de nombreux bourgeons axillaires,

20 mois, cultivée sur terreau additionné de nitrate d'ammoniaque.

Dans cet exemple, la tige feuillée primitive a été remplacée, la deuxième année, par deux tiges florifères très ramifiées, qui seront remplacées à leur tour, dès le début de la troisième année, par 48 tiges feuillées provenant des rameaux souterrains

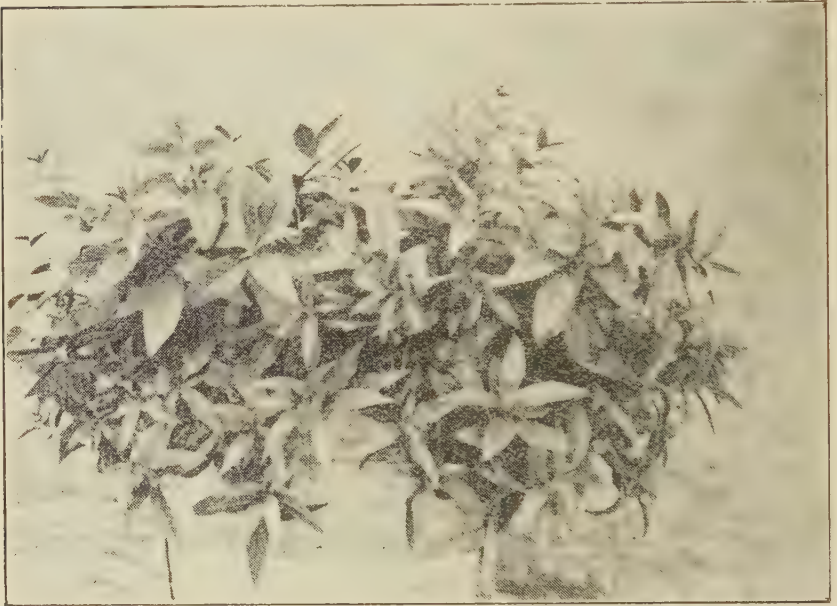


FIG. 23.

FIG. 23. — Descendance de 3 pieds de *Mercuriale vivace*, après 2 ans de culture sur milieu 4.

en voie d'évolution. Il est à remarquer que cette végétation exubérante s'accompagne ici d'une anomalie. En effet, le pied mâle que reproduit la photographie était en fleurs le 30 août 1922, tandis que la floraison normale de la *Mercuriale vivace* a lieu en mars-avril. J'ajouterai qu'un pied femelle voisin se trouvait en pleine maturité le 15 octobre 1922.

La figure 23, prise en juillet 1923, représente les 140 tiges feuillées qui constituent la descendance de trois plantes, après deux ans de culture sur le milieu 4.

Les variations de sexualité chez *Mercurialis perennis* L.

Des modifications des organes sexués ont été signalées à plusieurs reprises chez cette plante. C'est ainsi que BAILLON [67], DOD [86], THOMAS [136], ont observé des pieds de *Mercurialis perennis* qui portaient à la fois des fleurs mâles et des fleurs femelles.

De son côté, SAUNDERS [126] a décrit un exemplaire de *Mercurialis* vivace, dont l'inflorescence comprenait des fleurs mâles, des fleurs femelles et des fleurs hermaphrodites. Ces variations de sexualité doivent être accidentelles et tout à fait exceptionnelles chez le *Mercurialis perennis* car, parmi les milliers de pieds que j'ai eu l'occasion d'examiner au cours de mes recherches, je n'ai jamais trouvé un seul cas de monœcie.

CHAPITRE III

Mercurialis tomentosa L.

Mes recherches sur la germination du *Mercurialis tomentosa* ont été effectuées avec des graines que j'ai récoltées moi-même, aux environs de Montpellier, en juillet 1920 et en juin 1921.

§ I. — Conditions de la germination

Influence de la température. — D'après les essais que j'ai eu l'occasion de réaliser, la germination s'effectuerait entre les températures critiques suivantes :

Minimum : 6-8°.

Maximum : 34-35°.

Les graines de la Mercuriale tomenteuse germent donc à une température peu élevée ; particularité qui semble se rencontrer chez un grand nombre d'espèces méridionales.

Lorsqu'elles sont nouvellement récoltées, leur germination s'effectue rapidement, quoique incomplètement, à une température de 12-15° : ce qui confirme les observations de HARRINGTON (1) et de MUNERATI (2), relatives à l'influence des basses températures sur la germination des « semences fraîches ».

Lorsqu'elles sont « surannées », elles semblent germer dans de meilleures conditions à température variable (18-28°) qu'à température constante. Il est donc difficile de fixer la température optima qui convient à la germination de cette espèce.

Faculté et énergie germinatives. — De même que chez les deux Mercuriales étudiées précédemment, la détermination de la faculté germinative des graines du *Mercurialis tomentosa* est délicate et se trouve influencée par la lenteur de la germination.

(1) HARRINGTON, *Loc. cit.*

(2) MUNERATI, *Loc. cit.*

Comme le montrent les essais ci-dessous, réalisés dans la terre humide, une partie seulement des graines germe l'année même de la récolte.

ÉPOQUE DE LA RÉCOLTE	ÉCHELONNEMENT de la germination	GRAINES GERMÉES %
Juillet 1920.....	1920.....	20
	1921.....	41
	1922.....	8
	1923.....	»
		69
Juin 1921.....	1921.....	56
	1922.....	29
	1923.....	»
		85

Dans le premier essai, la levée débuta un mois après le semis ; dans le second, douze jours seulement après l'ensemencement.

Influence des léguments. — Mes essais ayant été tenus constamment en bon état d'humidité et à une température favorable à la germination, j'ai été amené à rechercher si la lenteur de la levée n'était pas imputable à la présence de graines à tégument imperméable.

Pour déterminer approximativement le degré d'imperméabilité des téguments, j'ai immergé des lots de 100 graines dans la solution d'acide picrique employée précédemment. La pénétration du liquide s'est effectuée de la façon suivante :

DURÉE de l'immersion	GRAINES imbibées p. 100
2 jours.....	40
4 jours.....	45
8 jours.....	84
10 jours.....	90
12 jours.....	100

Les téguments des graines du *Mercurialis tomentosa*, comme ceux des graines précédemment étudiées, se laissent donc traverser irrégulièrement par les liquides. Néanmoins, leur imperméabilité est loin d'être absolue et n'explique qu'imparfaitement la lenteur de la germination.

Il semble donc permis de classer les graines de *Mercuriale tomenteuse* parmi les graines « fraîches ».

Durée du pouvoir germinatif. — La faculté germinative des graines du *Mercurialis tomentosa* s'affaiblit progressivement, ainsi que le montrent les résultats suivants, obtenus avec des échantillons récoltés en juillet 1920 et conservés à l'air libre :

AGE DES GRAINES	GERMINATION P. 100
Graines de l'année.....	69
— 1 an.....	45
— 2 ans.....	31
— 3 ans.....	28
— 4 ans.....	18

§ II. — Développement de la plante

Une partie des graines disséminées au début de l'été germe avant l'hiver. Le reste lève lentement et successivement l'année suivante.

Lors de la germination, la graine éclate, dans sa région caronculaire, suivant deux et parfois trois lignes longitudinales ; cet écartement livre passage à la pointe de la radicule. Tandis que celle-ci s'enfonce dans la terre, l'axe hypocotylé s'allonge et soulève jusqu'à la surface du sol les cotylédons débarrassés du testa, mais encore enfermés dans le tégument interne.

Dès qu'ils sont épanouis, les cotylédons verdissent rapidement. Ils sont brièvement pétiolés ; leur limbe est ovale, régulier et duveteux. Ils sont plus épais, présentent une coloration verte plus foncée que ceux de la *Mercuriale* annuelle ; ce qui rend leurs nervures moins apparentes,

Aussitôt après l'épanouissement des cotylédons, la gemmule différencie de petites feuilles tomenteuses. Le bourgeon terminal se développe d'abord lentement. Il donne, en deux mois environ, une tige aérienne de 4 à 5 centimètres de hauteur, présentant 3-4 paires de feuilles, séparées par des entre-nœuds d'une longueur inférieure à 1 centimètre.

À peine la plante possède-t-elle 2 ou 3 paires de feuilles développées, que les bourgeons situés à l'aisselle des cotylédons commencent à se développer. Ils évoluent immédiatement en rameaux feuillés, qui croissent concurremment avec la tige principale. D'autres bourgeons des nœuds inférieurs de cette tige se développent également, si bien qu'il n'est pas rare de voir 2 ou 3 paires de ces ramifications se développer presque simultanément.

Les feuilles cotylédonaires persistent quelques mois, mais tombent pendant la croissance des rameaux formés à leur aisselle. Les feuilles de la base sont généralement plus vertes et moins tomenteuses que celles qui sont à l'extrémité de la tige. Mais au fur et à mesure que la plante grandit, les nouveaux organes se montrent avec des caractères de plus en plus voisins de ceux des feuilles normales.

La tige principale et les rameaux qu'elle porte fleurissent et fructifient en juin-juillet. A ce moment, la plante a atteint son complet développement ; elle possède 10-16 rameaux et mesure 40-60 centimètres de hauteur. Le développement des tiges des deux sexes est sensiblement le même.

Pendant l'évolution de l'appareil aérien, la racine principale développe un grand nombre de radicelles. A la fin de la première année de végétation, elle forme un pivot dont la longueur atteint parfois 20-25 centimètres et dont la partie supérieure a un diamètre de 2 à 3 centimètres ; son poids varie de 30 à 40 grammes.

Pendant l'hiver, l'appareil foliacé persiste, et les bourgeons restent expectants jusqu'au printemps. A cette époque, les bourgeons souterrains de la base de la tige principale, ainsi que ceux de la base des branches, se développent et donnent naissance à des rameaux dressés, qui portent des fleurs et fructifient au début de l'été. Durant la deuxième année de végétation, la racine continue à grossir. Chaque année, elle s'épaissit et finit par constituer une souche volumineuse, pendant que de nouvelles

ramifications se forment, surtout au niveau du nœud cotylédonaire et au niveau des nœuds basilaires des premiers rameaux.

Il en résulte, au bout de quelques années, de véritables sous-arbrisseaux dont la souche pèse plus de 500 grammes et dont l'appareil aérien comprend plusieurs centaines de rameaux.

Influence du milieu sur la morphologie de la plante. — Des semis de *Mercurialis tomentosa*, effectués en Haute-Marne, m'ont fourni des spécimens différant légèrement, au point de vue de leur morphologie externe, des échantillons méditerranéens.

Sous l'influence d'un air plus humide et d'une lumière moins intense, les individus cultivés en Haute-Marne possèdent des ramifications plus nombreuses et des feuilles plus développées. Celles-ci ont un aspect moins tomenteux ; leur limbe est moins rigide et, surtout, moins cassant.

Les graines arrivent à maturité un mois plus tard que dans le Midi. Leur poids individuel n'est pas sensiblement modifié, mais leur faculté germinative est légèrement réduite. Elles germent plus lentement et plus irrégulièrement que les graines de la région méditerranéenne.

VARIATIONS DE SEXUALITÉ. — Comme les espèces précédentes, *Mercurialis tomentosa* peut présenter certaines modifications des organes sexuels. C'est ainsi que, récemment, P. BLANC [71] a rencontré en Provence des pieds mâles de *Mercuriale tomentosa* qui possédaient des fleurs femelles bien constituées.

Au cours des récoltes que j'ai faites dans le Midi, je n'ai trouvé qu'un échantillon monoïque, à Cette, en 1920. Mais j'ai obtenu deux pieds mâles porteurs de fleurs femelles, parmi les plantes qui levèrent en Haute-Marne.

CONCLUSIONS

Les expériences rapportées dans les chapitres précédents mettent en lumière les faits suivants :

CHAPITRE PREMIER

Mercurialis annua L.

§ I. — La *Mercuriale* annuelle se distingue de la plupart des plantes indigènes par la température élevée qu'exige sa germination.

Ses graines conservent longtemps à l'air libre leur pouvoir germinatif, et elles gardent plus longtemps encore leur vitalité, lorsqu'elles se trouvent enfouies profondément dans le sol.

Elles germent lentement, successivement et irrégulièrement ; si bien que la levée du *Mercurialis annua* n'est complète qu'après plusieurs années.

Il en résulte que les essais de germination sont d'une exécution délicate et que, pour obtenir des résultats satisfaisants, il est indispensable de les prolonger aussi longtemps que possible et de se rapprocher des conditions naturelles de la germination de la plante.

Des graines qui ont été stratifiées pendant plusieurs mois dans la terre humide germent simultanément, avec un taux de 86 à 94 %.

§ II. — Par suite de sa germination capricieuse, *Mercurialis annua* se prête mal aux recherches sur le déterminisme sexuel. C'est un fait que semblent avoir négligé tous ceux qui ont étudié l'influence des conditions extérieures sur la détermination du sexe chez la *Mercuriale* annuelle.

Or, il suffit de suivre la répartition des sexes au cours des levées successives, pour se rendre compte que la prédominance

de l'un ou l'autre sexe varie avec les récoltes, et qu'on ne peut se baser sur l'observation de levées incomplètes pour en déduire la proportion des sexes dans la graine.

Le souci d'éliminer l'influence des germinations successives doit donc inciter à contrôler, au moyen de graines stratifiées, la plupart des expériences tentées jusqu'à présent pour prouver que le sexe est ou n'est pas déterminé dans la graine.

§ III. — *Mercurialis annua* peut se présenter sous deux formes : l'une, dioïque, type de l'espèce, prédominant dans les régions septentrionales ; l'autre, monoïque, type *ambigua*, dominant dans toute la région méditerranéenne.

L'observation de milliers d'exemplaires cultivés en Haute-Marne montre que la monœcie revêt, dans l'Est, les mêmes formes que sous le climat méditerranéen : la plus commune est constituée par des pieds femelles présentant, à la base des axes floraux, un glomérule plus ou moins important de fleurs mâles ; la moins répandue, par des pieds mâles dont certains pédoncules floraux portent une fleur femelle à leur base et, plus souvent, à leur extrémité. Ces spécimens monoïques ne sont pas des formes accidentelles du *Mercurialis annua*, car leurs graines présentent une tendance nettement marquée à la monœcie. Il semble qu'on soit autorisé à les regarder comme des formes de transition entre les types strictement dioïques des contrées septentrionales et les types monoïques de la région méditerranéenne. En raison des exigences thermiques qui semblent indiquer que notre *Mercuriale* annuelle est originaire des pays chauds, on peut supposer que la forme monoïque a dû constituer primitivement le type normal du *Mercurialis annua*.

CHAPITRE II

Mercurialis perennis L.

§ I. — Les graines du *Mercurialis perennis* exigent, pour leur germination, une température optima qui correspond sensiblement à la température critique minima de l'espèce précédente. Elles sont en général mal conformées, et la proportion de graines stériles peut dépasser 75 % dans certaines récoltes.

Aussi, leur faculté germinative n'atteint-elle qu'exceptionnellement 25 %. Dans la nature, ce pourcentage est d'ailleurs loin d'être atteint, et on ne rencontre que rarement des jeunes plantes issues de graines. Les graines de la *Mercuriale vivace* ne commencent à germer que deux à onze mois après la récolte ; ce qui est la caractéristique des graines *fraîches*.

Non seulement la germination s'engage tardivement, mais elle s'échelonne sur plusieurs années, comme celle du *Mercurialis annua*.

Par suite de la lenteur du processus germinatif, de l'échelonnement des levées et du taux souvent très faible de la germination, les essais doivent être effectués avec un très grand nombre de graines et poursuivis, pendant plusieurs années, en pots remplis de terreau et à l'air libre.

Les graines de la *Mercuriale vivace* gardent assez longtemps leur vitalité, lorsqu'elles se trouvent enterrées aussitôt après la récolte ; mais elles perdent leur faculté germinative après quatre ans de conservation à l'air libre.

§ II. — Le premier développement du *Mercurialis perennis* s'effectue lentement, et c'est généralement six semaines à deux mois après la rupture des téguments que commencent à émerger les deux feuilles primordiales.

Au bout de deux à trois mois, la tige feuillée présente 4-5 paires de feuilles. Lorsqu'elle a atteint son complet développement, c'est-à-dire de juin à août, le nœud cotylédonaire devient le siège d'une importante ramification.

Chaque bourgeon, constitué primitivement à l'aisselle des cotylédons, comprend deux écailles à développement limité, enveloppant le bourgeon terminal d'un rameau de 1^{re} catégorie. Celui-ci s'allonge, pendant qu'à l'aisselle de chacune de ses deux écailles basilaires, apparaît un bourgeon latéral. Chacun de ces bourgeons latéraux présente également deux écailles à développement limité, enveloppant le bourgeon terminal d'un rameau de 2^e catégorie. Ce dernier évolue comme le premier et présente de très bonne heure, à sa base, deux bourgeons axillaires qui donneront, à leur tour, des rameaux de 3^e catégorie, etc...

Suivant les cas, il pourra donc se former 2 rameaux de 1^{re} catégorie, 4 de 2^e, 8 de 3^e, etc. Ceux-ci se développent très lentement pendant tout l'hiver.

Au seuil de la deuxième année de végétation, dès le début de février, leur bourgeon terminal se redresse rapidement pour arriver à la surface du sol où il se développe en peu de temps, donnant une tige feuillée et généralement florifère. A l'époque de la maturation des graines, aux nœuds des rhizomes, on voit apparaître des racines adventives, et des bourgeons axillaires qui se développeront en nouveaux rameaux souterrains.

Pendant la troisième année, les rameaux souterrains, développés en fin de deuxième année, donnent de nouvelles tiges aériennes. Le nœud cotylédonaire, les nœuds de la base des tiges de deuxième année et les nœuds intercalaires peuvent donner de nouveaux bourgeons, dont le développement compliquera singulièrement la morphologie de l'appareil souterrain de la plante.

Le développement de la ramification souterraine et aérienne de la *Mercuriale* vivace dépend nettement des milieux dans lesquels elle croît : il peut atteindre des proportions considérables dans un sol fertile et meuble.

Cette multiplication intense de la *Mercuriale* vivace, au moyen de ses rhizomes, contraste singulièrement avec sa reproduction séminale amoindrie. La maturation des graines s'effectue à un moment où la plante vient d'utiliser la majeure partie de ses réserves pour la croissance de ses rameaux souterrains et le développement rapide de leurs bourgeons terminaux. On peut donc supposer que cet état d'épuisement est peu favorable à la formation des réserves de la graine et n'est pas étranger à leur conformation défectueuse.

CHAPITRE III

Mercurialis tomentosa L.

§ I. — Les graines du *Mercurialis tomentosa* germent facilement et rapidement à 12-15°. Leur température critique de germination est donc nettement plus basse que celle du *Mercurialis annua*.

Comme chez les deux espèces précédemment étudiées, la détermination de la faculté germinative des graines est influen-

cée par la lenteur de la germination. Presque toutes les graines germent, mais leur levée se poursuit successivement et n'est complète qu'après plusieurs années.

§ II. — Comme l'espèce annuelle, *Mercurialis tomentosa* a une germination épigée. Dès le début de l'évolution de la plante, les bourgeons cotylédonaire, ainsi que ceux des nœuds inférieurs de la tige, donnent des rameaux feuillés, qui se développent rapidement.

La tige principale et les rameaux qu'elle porte fleurissent et fructifient en juin-juillet. A cette époque, la plante a atteint son complet développement et possède un système racinaire très développé. L'appareil foliacé persiste pendant l'hiver.

Au début de la deuxième année de végétation, les bourgeons de la base de la tige principale, ainsi que ceux de la base des rameaux, donnent naissance à de nouvelles ramifications, qui portent des fleurs et fructifient au début de l'été.

Par suite de la persistance de la ramification aérienne et de l'augmentation progressive des dimensions de la racine, un pied de *Mercurialis tomentosa* peut prendre, en quelques années, un développement remarquable.

TROISIÈME PARTIE

RECHERCHES BIOCHIMIQUES

TROISIÈME PARTIE

Recherches biochimiques

En raison de la biologie nettement dissemblable des trois espèces de Mercuriales, il était intéressant de connaître les variations que leurs différents modes de végétation peuvent amener dans le métabolisme de quelques glucides qu'elles renferment normalement.

Aucun essai de ce genre n'ayant été tenté jusqu'à présent, en ce qui concerne les Mercuriales, je me suis proposé de mettre en lumière, dans cette troisième partie, les principales transformations que subissent ces principes immédiats, dans les organes de chaque plante, au cours de la végétation.

Technique

J'ai eu recours, pour ces recherches, à la méthode biochimique de BOURQUELOT (1). Cette méthode, dont je me contenterai de rappeler ici les principales lignes, consiste à faire agir l'invertine, ferment spécifique du saccharose, et l'émulsine, ferment spécifique d'un certain nombre de glucosides, sur un extrait aqueux du végétal à étudier.

L'invertine est obtenue en traitant la levure des boulangers par l'alcool fort, d'après le procédé indiqué par BOURQUELOT (2). L'émulsine est retirée des amandes douces, en suivant la technique donnée par HÉRISSEY (3).

D'autre part, l'extrait végétal est préparé de la façon suivante :

Une série d'opérations, destinées à arrêter tout le métabolisme cellulaire, consiste à diviser grossièrement les organes qui viennent d'être récoltés et à en projeter immédiatement les fragments dans de l'alcool à 90° bouillant, qu'on a additionné, au préalable, d'une petite quantité de carbonate de calcium. La destruction des ferments solubles contenus dans la plante se trouve ainsi réalisée, en même temps que la neutralisation des acides organiques susceptibles d'hydrolyser certains principes immédiats.

La plante, ainsi stabilisée, est broyée, puis épuisée complètement par de nouvelles quantités d'alcool bouillant. Après expression, les liquides alcooliques sont réunis, filtrés, et distillés à sec sous pression réduite. Le résidu est dissous dans de l'eau thymolée, de façon que 100 cm³ de la solution ainsi obtenue correspondent à 100 gr. d'organe frais.

(1) Em. BOURQUELOT, Recherches, dans les végétaux, du sucre de canne à l'aide de l'invertine et des glucosides à l'aide de l'émulsine (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, (6), XIV, 481, 1901).

(2) Em. BOURQUELOT, Sur l'emploi des enzymes comme réactifs dans les recherches de laboratoire. — II. Hydratases (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, (6), XXV, 16, 378, 1907).

(3) H. HÉRISSEY, Recherches sur l'émulsine (*Th. Doct. Pharm.*, 44, Paris, 1899).

Il ne reste plus qu'à faire agir successivement l'invertine et l'émulsine sur cet extrait aqueux, qui contient la totalité des sucres et des glucosides solubles, et à observer les réactions qui en résultent, grâce aux modifications survenues dans les propriétés optiques et réductrices des solutions d'hydrolyse.

Une portion de la liqueur est utilisée pour le dosage du sucre réducteur initial et pour l'observation de la déviation polarimétrique. Le reste du liquide est additionné d'invertine, dans la proportion de 0 gr. 50 pour 100 cm³, et mis à l'étuve à 30-35°.

L'action du ferment est suivie au moyen de l'examen polarimétrique et du dosage du sucre réducteur. Un recul de la déviation vers la gauche et une augmentation des matières réductrices indiquent la présence du saccharose, ou d'un autre polysaccharide renfermant du lévulose uni au glucose.

Dès que l'action de l'invertine est terminée, le liquide est soumis, pendant vingt minutes et en vase clos, à la température du bain-marie bouillant, afin de détruire ce ferment. Après refroidissement, il est additionné d'émulsine, à la dose de 0 gr. 25 pour 100 cm³, et remis à l'étuve.

L'examen polarimétrique et le dosage des matières réductrices sont poursuivis. La présence d'un glucoside hydrolysable par l'émulsine se trouve révélée par un retour à droite de la déviation, en même temps que par une augmentation de la quantité de sucre réducteur.

Dans les deux cas, l'examen des résultats obtenus fournit de précieuses indications sur la proportion des principes dédoublables. Il en est de même du rapport qui existe entre le retour de la déviation et la quantité de sucre formé. Ce rapport, appelé par BOURQUELOT *indice de réduction enzymolytique*, représente le nombre de milligrammes de sucre réducteur formé, dans 100 cm³ de liquide, pour un retour de la déviation de 1°, observé au tube de 2 décimètres. Il représente une constante du saccharose, dont l'indice de réduction est 603, et constitue en outre une caractéristique de chaque glucoside.

Telle est, succinctement résumée, la technique que j'ai appliquée aux trois espèces indigènes du genre *Mercurialis* et dont j'expose ci-après les résultats.

Au cours de mes recherches, la matière colorante des *Mercuriales* m'a considérablement gêné. Tous les liquides extractifs,

et particulièrement ceux qui provenaient des organes souterrains, conservaient en effet, après la défécation par le sous-acétate de plomb, une coloration bleue ou rouge intense, interdisant tout examen polarimétrique. Il en était d'ailleurs de même en utilisant d'autres déféquants.

J'ai alors eu recours à la méthode appliquée aux plantes riches en tanin par M^{lle} A. FICHTENHOLZ (1). Avant d'être soumis à l'action des ferments, les liquides furent déféqués par le sous-acétate de plomb ; après filtration, l'excès de plomb fut précipité par l'hydrogène sulfuré et l'acide acétique, éliminé par distillation dans le vide à une température inférieure à 40°. Or, les solutions aqueuses obtenues finalement, en reprenant le résidu par l'eau thymolée, présentaient une coloration rouge qui, bien qu'atténuée, exigeait encore, avant l'observation, l'emploi d'une quantité appréciable de noir animal.

Cette technique compliquant les opérations sans dispenser de l'emploi du charbon, il m'a semblé préférable de procéder, avant l'essai biochimique, à une décoloration globale des solutions et de ne déféquer les liquides que lors des observations.

Dans tous les cas, les liquides extractifs furent déféqués par addition de sous-acétate de plomb et les sucres réducteurs, dosés en suivant la technique de G. BERTRAND (2). Tous les examens polarimétriques furent faits à l'aide d'un tube de deux décimètres et tous les résultats, rapportés à des solutions extractives dont 100 cm³ représentent 100 gr. d'organe frais.

— — —

(1) A. FICHTENHOLZ, Application de la méthode biochimique à l'analyse de la Busserole (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, (7), IV, 411, 1911).

(2) G. BERTRAND, Le dosage des sucres réducteurs (*Bull. Soc. Chim.*, (3), XXXV, 1285, 1906).

Résultats fournis par l'application
des procédés biochimiques
à la recherche et au dosage des glucides

CHAPITRE PREMIER

Mercurialis annua L.

Afin que les résultats obtenus fussent comparables, j'ai récolté les divers échantillons de *Mercuriale* annuelle soumis à l'analyse, dans un champ d'essais établi à Magneux (Haute-Marne).

Les plantes furent arrachées au milieu de la journée et transportées à Nancy, où elles furent stabilisées, le lendemain matin, par l'alcool bouillant.

J'ai étudié la *Mercuriale* annuelle à deux époques de sa végétation. Dans les deux cas, j'ai analysé les pieds mâles et les pieds femelles, et j'ai séparé soigneusement les racines des tiges feuillées.

Le tableau I consigne les résultats obtenus avec des plantes récoltées au début de leur floraison, alors qu'elles étaient en pleine activité assimilatrice.

Le second essai biochimique fut effectué sur des pieds mâles en fin de floraison et sur des pieds femelles en pleine maturité. Les résultats correspondants sont réunis dans le tableau II.

La recherche des glucosides succédant normalement à celle des sucres hydrolysables, j'ai utilisé, à cet effet, les liqueurs dans lesquelles l'action de l'invertine était complètement terminée. Après avoir détruit ce ferment par la chaleur, j'ai ajouté de l'émulsine aux liquides, dans la proportion de 0 gr. 25 pour 100 cm³. Après six jours de contact, à la température de 35°, ce ferment s'est montré sans influence. La Mercuriale annuelle ne renferme donc pas de glucoside hydrolysable par l'émulsine, dans les conditions précitées.

La comparaison des tableaux I et II permet en outre de tirer les conclusions suivantes :

1° Dans les tiges feuillées comme dans les racines, la quantité

TABLEAU I

RÉCOLTE DU 20 JUILLET 1921		TIGES FEUILLÉES		RACINES	
		°	′	°	′
Déviation (<i>l</i> = 2; <i>t</i> = 25°)	initiale	+ 40'	+ 44'	+ 32'	+ 30'
	après l'invertine	+ 4'	+ 4'	+ 2'	± 0
Sucre réducteur (en sucre inverti %)	initial	0 ^{gr} 600	0 ^{gr} 580	0 ^{gr} 155	0 ^{gr} 160
	après l'invertine	0,944	0,980	0,466	0,455
	formé par l'invertine	0,344	0,400	0,311	0,295
Indice de réduction (1)		573	600	622	590
Saccharose		0,326	0,380	0,295	0,280
(1) Nombre de milligrammes de sucre réducteur formé par l'invertine, dans 100 cm ³ de liquide, pour un recul de la rotation de 1 degré (<i>l</i> = 2).					

de sucre réducteur atteint son maximum à la floraison, et la proportion s'affaiblit ensuite, au fur et à mesure de l'évolution de la plante ;

2° Pendant toute la végétation, les tiges feuillées sont plus riches en matières sucrées que les racines ;

3° Les pieds mâles et les pieds femelles ont une composition sensiblement identique ; les différences constatées dans la pro-

portion de leurs glucides ne dépassent guère, en effet, le cadre des erreurs d'expériences ;

4° Les changements produits sous l'action de l'invertine sont peu importants ; mais cette faible proportion des principes hydrolysables n'est pas surprenante, puisqu'il s'agit d'une plante annuelle dont les organes ne doivent pas renfermer de matières de réserve ;

5° L'indice de réduction, assez voisin de 603, laisse supposer que le sucre dédoublé par l'invertine est le saccharose. La pro-

TABLEAU II

RÉCOLTE DU 16 AOUT 1921		TIGES FEUILLÉES		RACINES		GRAINES
		♂	♀	♂	♀	
Déviation ($l=2; t=25^{\circ}$)	initiale	+ 34'	+ 30'	+ 10'	+ 12'	+ 1 ^{re} 44'
	après l'invertine.	— 4'	— 4'	— 6'	— 8'	— 24'
Sucre réducteur (en sucre inverti ‰)	initial.....	0 ^{re} 289	0 ^{re} 292	0 ^{re} 067	0 ^{re} 082	0 ^{re} 091
	après l'invertine.	0,687	0,642	0,232	0,286	1,382
	formé par l'in- vertine.....	0,398	0,350	0,165	0,204	1,291
Indice de réduction		628	618	620	612	605
Saccharose.....		0,378	0,332	0,156	0,193	1,226

portion de ce sucre subit des variations de même intensité que celle des sucres réducteurs. Elle est toujours un peu plus forte dans les tiges feuillées que dans les racines, et c'est dans ces dernières qu'elle commence à s'affaiblir à l'époque de la maturité des fruits.

Extraction et identification du saccharose. — En dépit des faibles quantités en présence, j'ai tenté l'isolement du sucre hydrolysable par l'invertine. J'ai traité par l'alcool bouillant 10 kilos de plantes entières et, pour séparer le saccharose de l'extract obtenu, j'ai employé le procédé à la baryte : formation de sucrate de baryte, décomposition de ce sucrate par le gaz carbonique, concentration du liquide sucré sous pression réduite, épuisement du résidu par l'alcool à 95° bouillant.

J'ai ainsi obtenu 5 grammes de cristaux qui, lavés à l'alcool et séchés sous l'exsiccateur à acide sulfurique, présentaient les caractères du saccharose :

$$\begin{aligned} \text{Pouvoir rotatoire : } \alpha_D &= + 66^{\circ},4 \\ (p &= 1,304; v = 25; l = 2; \varphi = + 6^{\circ}56') \end{aligned}$$

La solution qui avait servi à déterminer le pouvoir rotatoire fut soumise à l'action de l'invertine pendant six jours. Au bout de ce temps, le liquide, qui était sans action sur la liqueur cupropotassique, était devenu réducteur et présentait, à 21° , une rotation égale à $- 2^{\circ}$. C'est le retour que donnerait, dans ces conditions, une solution de saccharose pur de même concentration.

CHAPITRE II

Mercurialis perennis L.

Recherches préliminaires

Le premier de mes essais biochimiques concernant la *Mercuriale vivace* a porté sur les parties aériennes et souterraines des pousses, récoltées, le 29 avril 1920, au moment de la floraison. Il m'a fourni les résultats suivants :

	PARTIE AÉRIENNE	PARTIE SOUTERRAINE
Déviatiou initiale ($l = 2$)	+ 1°	+ 1°10'
Déviatiou après l'action de l'invertine	— 12'	— 20'
Sucre réducteur initial (en glucose p. 100) . .	0gr,100	0gr,980
Sucre réducteur après l'action de l'invertine .	0 , 810	1 , 920
Sucre réducteur formé par l'invertine	0 , 710	0 , 940
Indice de réduction	591	626

Sous l'influence de l'invertine, la déviation initiale droite de chacune des solutions extractives est devenue lévogyre, et les changements optiques observés coïncident sensiblement avec ceux qu'indique le calcul, lorsque l'on considère le sucre réducteur formé comme du sucre interverti. Il semble donc que l'on puisse admettre la présence du saccharose dans la plante.

Ce sont d'ailleurs les résultats fournis par l'invertine qui permirent à M. HARLAY (1) de conclure à l'existence de ce sucre dans certaines parties souterraines de la *Mercuriale vivace*, récoltées par lui en mai 1904.

(1) M. HARLAY, Le saccharose dans les organes végétaux souterrains (*Th. Doct. Pharm.*, 45, Paris, 1905).

Pour compléter les indications données par cet essai, j'ai voulu analyser les rhizomes et les racines de la plante. J'ai donc récolté, le 1^{er} juillet 1920, une certaine quantité de ces organes qui furent traités, aussitôt, par l'alcool bouillant. Voici les résultats correspondants à cette récolte :

Déviatiou initiale ($l = 2$).....	+ 5°28'
Déviatiou après l'actiou de l'invertine.....	+ 3°56'
Sucre réducteur initial (en glucose p. 100).....	1 ^{er} ,063
Sucre réducteur après l'actiou de l'invertine....	2 , 051
Sucre réducteur formé par l'invertine.....	0 , 988
Indice de réduction.....	644

Dans les deux cas, l'émulsine ajoutée aux liquides extractifs s'est montrée sans influence, après six jours de contact à la température de 35°.

En ce qui concerne l'actiou de l'invertine, on voit que cet essai diffère nettement du précédent. Les liquides d'hydrolyse conservent, cette fois, une si forte déviatiou droite, qu'il est permis de soupçonner, dans les organes analysés, la présence d'un principe dextrogyre différent du saccharose.

Ces discordances m'ont incité à entreprendre des recherches plus étendues sur la *Mercuriale vivace* et à suivre les variatioues de ses réserves glucidiques, au cours de son évolution annuelle.

Variatioues et migratioues des glucides, au cours de la végétatiou annuelle de la *Mercuriale vivace*

Ainsi que je l'ai montré dans la deuxième partie de ce travail, les organes de réserve de la *Mercuriale vivace* sont constitués par un rhizome, long et traçant, portant aux nœuds des racines adventives fasciculées et des rameaux plus ou moins nombreux.

En août-septembre, des bourgeons expectants, formés au niveau des nœuds, commencent à s'allonger en rameaux souterrains dont l'accroissement se poursuit jusqu'à la fin de l'hiver. A cette époque, l'extrémité de chacune de ces jeunes pousses arrive à la surface du sol et commence à émerger. Tandis que la partie basilaire de ces nouveaux organes reste souterraine et persiste pendant plusieurs années, compliquant ainsi la morphologie du rhizome, la partie aérienne donne une tige feuillée

qui porte aussitôt des fleurs, fructifie très rapidement, continue à vivre jusqu'à l'automne, et disparaît à l'hiver.

On peut diviser le cycle végétatif de la plante en cinq périodes :

1° Vie uniquement souterraine, s'étendant de la chute des feuilles au départ de la végétation printanière : décembre à mars ;

2° Constitution très rapide de l'appareil aérien, floraison et fructification : mars à mai ;

3° Période d'activité assimilatrice, sans formation de nouveaux organes : mai à juillet ;

4° Continuation de la période d'assimilation, avec apparition de la ramification souterraine : août-septembre ;

5° Déclin de la végétation aérienne et développement des rameaux souterrains : octobre-novembre.

Afin qu'aucune phase importante de la végétation ne passe inaperçue, j'ai étudié la plante, périodiquement, de décembre 1920 à décembre 1921. Ses différents organes furent analysés séparément et aux divers stades de leur évolution.

Pour éviter, dans la mesure du possible, l'influence du milieu et pour que les résultats obtenus dans les divers essais fussent comparables entre eux, j'ai récolté tous mes échantillons sur un même terrain, situé à flanc de coteau et à l'ouest de Nancy. En outre, j'ai procédé à l'arrachage, autant que possible aux mêmes heures, et stabilisé les organes aussitôt après leur récolte.

Dans les nombreux essais qui suivent, comme dans ceux qui précèdent, pour pouvoir procéder aux examens polarimétriques, j'ai dû décolorer les solutions à l'aide du noir animal. Afin d'atténuer les inconvénients que présente l'emploi du charbon dans ce genre de recherches, j'ai toujours procédé à la décoloration des liquides avant l'essai biochimique et dans des conditions rigoureusement identiques ; de telle sorte que si mes résultats ne sont qu'approchés, ils sont néanmoins comparables.

Dans cette série d'expériences, j'ai cru devoir doser, non seulement les sucres, mais encore la proportion des matières amylacées.

A cet effet, j'ai utilisé le marc résultant de l'épuisement des organes par l'alcool bouillant et qui renferme toutes les substances glucidiques insolubles dans ce dissolvant. Je n'ai pas

cherché à obtenir séparément l'amidon et les dextrines, à cause de la forte quantité d'amidon soluble qui était contenue dans le marc et qu'un épuisement à l'eau froide aurait entraîné ; je me suis donc contenté de doser globalement les matières amy-lacées.

Afin d'éviter l'emploi des acides étendus, j'ai eu recours au procédé de saccharification diastasique, employé par BOURQUELOT et BRIDEL pour doser l'amidon dans les tubercules de *Dioscorea Macabiha* (1). J'ai fait agir comparativement la diastase : d'une part, sur un empois correspondant à la plante ; d'autre part, sur un empois de fécule de pomme de terre servant de témoin.

L'empois témoin fut obtenu en faisant bouillir 1 gramme de fécule lavée, séchée à la température ordinaire, et d'humidité connue, avec 100 grammes d'eau. Cet empois fut additionné de 0 gr. 15 de diastase pure et d'un peu de toluène, puis mis à l'étuve à 35° pendant trois jours. Après filtration, j'ai dosé la proportion de sucre réducteur contenue dans la solution saccharifiée et exprimé, en glucose, la quantité de sucre résultant de l'hydrolyse de 1 gramme de fécule anhydre.

L'essai de saccharification fut préparé en traitant par l'eau bouillante, de façon à faire 200 cm³ d'empois, une quantité de marc pulvérisé correspondant à un poids connu d'organe frais. Après refroidissement, l'empois fut additionné de 0 gr. 30 de diastase pure et d'un peu de toluène, puis mis à l'étuve à 35°. Après trois jours d'étuve, l'action diastasique étant terminée, le liquide fut filtré et la quantité de sucre réducteur qu'il renfermait, dosée et exprimée en glucose. Les résultats fournis par l'empois témoin m'ont alors permis de calculer la teneur en amidon des organes traités.

Les essais biochimiques suivants se rapportent, comme les précédents, à des solutions extractives dont 100 cm³ correspondent à 100 grammes de plante fraîche. La présence de plusieurs sucres réducteurs, dans les organes de réserve de la *Mercuriale vivace*, rendant assez délicate l'interprétation des résultats, j'ai exprimé en glucose la totalité du sucre réducteur initial, les résultats obtenus après l'action de l'invertine, ainsi que la quantité de sucre formée par ce ferment.

(1) Em. BOURQUELOT et M. BRIDEL, Analyse d'un tubercule de *Dioscorea Macabiha*, provenant de Madagascar (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, (6), XXVIII, 494, 1908).

1^{re} PÉRIODE VÉGÉTATIVE*Vie uniquement souterraine*

Le tableau I concerne les organes souterrains de la plante, qui furent récoltés après la disparition des tiges feuillées. A cette époque, l'accumulation des réserves a atteint son maxi-

TABLEAU I

RÉCOLTE DU 1 ^{er} DÉCEMBRE 1920	RHIZOMES	RACINES	POUSSES SOU- TERRAINES
Déviations (l = 2; t = 15°)			
{ initiale	+ 8°50'	+ 7°30'	+ 4°22'
{ après l'invertine ...	+ 1°42'	+ 34'	- 1°16'
Sucres réducteurs (en glucose p. 100)			
{ initial	0 ^{gr} 975	0 ^{gr} 765	1 ^{gr} 786
{ après l'invertine ...	5,200	4,930	5,111
{ formé par l'invertine	4,225	4,165	3,325
Indice de réduction.....	592	600	590
Saccharose	4,01	3,95	3,15
Amidon.....	3,9	5,0	1,5

mum; la vie souterraine est loin d'être insignifiante, ainsi qu'en témoigne le développement progressif des rameaux apparus, à la « sève d'août », sur les rhizomes. Ces pousses souter-

TABLEAU II

RÉCOLTE DU 5 JANVIER 1921	RHIZOMES	RACINES	POUSSES SOU- TERRAINES
Déviations (l = 2; t = 15°)			
{ initiale	+ 6°42'	+ 6°18'	+ 3°20'
{ après l'invertine ...	+ 28'	+ 1°32'	- 1°12'
Sucres réducteurs (en glucose p. 100)			
{ initial	0 ^{gr} 715	0 ^{gr} 858	1 ^{gr} 434
{ après l'invertine ...	4,345	3,824	4,155
{ formé par l'invertine	3,630	2,966	2,721
Indice de réduction.....	582	622	600
Saccharose	3,44	2,81	2,58
Amidon.....	3,6	4,8	1,3

raînes qui, au 1^{er} décembre, ont déjà 8 à 10 centimètres de longueur, s'accroissent progressivement pendant les mois suivants : certaines atteignent 50 centimètres de longueur au début

TABLEAU III

RÉCOLTE DU 10 FÉVRIER 1921		RHIZOMES	RACINES	POUSSES SOU- TERRAINES
Déviatio	(initiale	+ 5°12'	+ 5°26'	+ 1°16'
($l = 2$; $t = 15^0$)	(après l'invertine ...	+ 1°26'	+ 1°58'	— 44'
Sucre réducteur	{ initial	0 ^{gr} 715	0 ^{gr} 880	1 ^{gr} 252
(en glucose p. 100)	{ après l'invertine ...	3, 043	3, 025	2, 456
	{ formé par l'invertine	2, 328	2, 145	1, 204
Indice de réduction.....		617	618	602
Saccharose		2, 21	2, 03	1, 14
Amidon.....		3, 0	4, 4	1, 1

de février. Ce développement de la ramification souterraine, pendant les mois d'hiver, entraîne naturellement une réduction graduelle des réserves alimentaires que met en évidence l'examen des tableaux II et III.

2^e PÉRIODE VÉGÉTATIVE

Constitution de l'appareil aérien

Les résultats qui figurent dans le tableau IV furent obtenus au moment du départ de la végétation aérienne, alors qu'un certain nombre de pousses avaient émergé et acquis de la chlorophylle.

Ceux qui sont consignés dans le tableau V correspondent à une époque très rapprochée de la précédente, mais très différente au point de vue végétatif. Pendant ce court laps de temps, la plante s'est développée très rapidement et est en pleine floraison ; aussi a-t-elle utilisé, pour sa croissance, une nouvelle portion de ses réserves. Sans être épuisées, celles-ci se trouvent donc considérablement réduites.

Les sexes étant nettement différenciés au moment de la récolte du 6 avril, il m'a paru intéressant d'analyser les pieds

mâles et les pieds femelles ; mais leur composition ne diffère pas sensiblement.

Le tableau VI correspond au début de l'activité assimilatrice

TABLEAU IV

RÉCOLTE DU 10 MARS 1921		RHIZOMES	RACINES	POUSSES ENTIÈRES	
				Souterraines et sans chlorophylle	Émergées et avec chlorophylle
Déviation ($l = 2$; $l = 15^{\circ}$)	initiale	+ 5°26'	+ 4°18'	+ 38'	+ 58'
	après l'invertine	+ 1°24'	+ 52'	— 38'	— 16'
Sucre réducteur (en glucose %)	initial	0 ^{gr} 555	0 ^{gr} 541	1 ^{gr} 254	0 ^{gr} 863
	après l'invertine	3,025	2,651	2,061	1,658
	formé par l'invertine	2,470	2,110	0,807	0,795
Indice de réduction		612	614	637	645
Saccharose		2,34	2,00	0,76	0,75
Amidon		2,8	4,8	1,4	1,2

de la plante, en même temps qu'à l'époque de la fructification. Néanmoins, l'analyse ne révèle, ici encore, aucune différence dans la composition des pieds mâles et des pieds femelles.

3^e PÉRIODE VÉGÉTATIVE

Activité assimilatrice, sans formation de nouveaux organes

Les tableaux VII et VIII correspondent à une période où la plante est en pleine activité assimilatrice et où la morphologie de ses organes souterrains s'est compliquée : depuis la fructification, les parties basilaires des pousses, restées souterraines, constituent de nouveaux rhizomes pourvus, à leur tour, de jeunes racines adventives.

L'accumulation des réserves, qui a déjà commencé au cours du mois de mai, se poursuit activement dans tous les organes souterrains, jeunes et anciens.

TABLEAU V

RÉCOLTE DU 6 AVRIL 1921	POUSSES						VIEUX RHIZOMES		VIEILLES RACINES	
	Partie aérienne		Partie souterraine							
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Déviation ($l = 2; t = 15^{\circ}$)	+ 14'	+ 32'	+ 54'	+ 38'	+ 220'	+ 258'	+ 3°26'	+ 3°58'		
	— 12'	— 20'	— 56'	— 44'	+	+	+	+ 1°2'		
Sucre réducteur (en glucose %)	0,468	0,561	1,227	1,272	0,509	0,667	0,605	0,709		
	0,744	1,085	2,343	2,097	1,838	2,097	2,480	2,438		
Indice de réduction	0,276	0,524	1,116	0,825	1,329	1,430	1,875	1,729		
	637	600	608	603	604	550	568	589		
Saccharose	0,26	0,49	1,06	0,78	1,26	1,35	1,78	1,64		
Amidon	0,4	0,4	1,2	1,2	3,0	2,9	4,1	4,1		

TABLEAU VI

RÉCOLTE DU 10 MAI 1921	POUSSES						VIEUX RHIZOMES	VIEILLES RACINES		FRUITS	GRAINES
	Partie aérienne		Partie souterraine		♂	♀		♂	♀		
	♂	♀	♂	♀							
Déviation (l = 2; t = 25°)	+ 1°30'	+ 1°4'	+ 1°46'	+ 2°56'	+ 4°42'	+ 4°42'	+ 4°42'	+ 4°30'	+ 4°20'	— 6'	+ 1°56'
	— 28'	— 36'	— 22'	+ 40'	+ 1°58'	+ 2°12'	+ 2°12'	+ 2°4'	+ 1°50'	— 16'	— 38'
Sucre réducteur (en glucose o/o)	0gr473	0gr451	1gr089	1gr045	0gr874	0gr869	0gr874	0gr926	0gr812	0gr423	0gr308
	1,699	1,452	2,486	2,546	2,519	2,454	2,519	2,519	2,402	0,528	1,881
formé par l'invertine.	1,226	1,001	1,397	1,501	1,645	1,585	1,645	1,593	1,590	0,105	1,573
	623	600	654	662	601	634	601	653	636	630	613
Indice de réduction	1,16	0,95	1,32	1,42	1,56	1,50	1,56	1,51	1,51	0,09	1,49
Saccharose	0,8	0,7	4,4	4,2	4,6	4,7	4,6	6,3	6,8	0,7	0,1
Amidon											

TABLEAU VII

RÉCOLTE DU 7 JUIN 1921	POUSSES				VIEUX RHIZOMES		VIEILLES RACINES		RACINES DE L'ANNÉE
	Partie aérienne		Partie souterraine						
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	
Déviation (1 = 2; t = 25°)	+ 42'	+ 1°8'	+ 3°20'	+ 4°50'	+ 5°30'	+ 6°8'	+ 4°12'	+ 4°50'	+ 2°
	- 18'	- 24'	+ 1°20'	+ 3°	+ 4'	+ 1°8'	+ 2°22'	+ 3°12'	+ 1°2'
Sucre réducteur (en glucose %)	0,8266	0,6534	0,847	1,8052	1,8100	1,8155	0,8946	1,8069	0,8770
	0,892	1,460	1,940	2,123	1,925	2,336	1,963	2,040	1,345
formé par l'invertine	0,626	0,926	1,093	1,071	0,825	1,181	1,017	0,971	0,575
Indice de réduction.	626	601	546	581	550	590	551	591	595
Saccharose	0,59	0,87	1,03	1,01	0,78	1,12	0,96	0,92	0,54
Amidon	0,6	0,3	6,1	6,4	6,5	6,8	10,1	10,8	10,0

L'analyse séparée des pieds mâles et des pieds femelles a été poursuivie jusqu'au mois de juin, époque à laquelle la distinction des sexes était encore possible, grâce à la persistance

TABLEAU VIII

RÉCOLTE DU 15 JUILLET 1921	POUSSES		VIEUX RHIZOMES	VIEILLES RACINES	RACINES DE L'ANNÉE
	Partie aérienne	Partie soul- teraine			
Déviation { initiale	+ 1°14'	+ 6°18'	+ 7°56'	+ 7°10'	+ 5°34'
($l=2$; $t=25^{\circ}$) { après l'invertine.	— 8'	+ 3°40'	+ 4°28'	+ 3°36'	+ 2°40'
Sucres { initial	0 ^{gr} 124	1 ^{gr} 114	1 ^{gr} 226	1 ^{gr} 183	1 ^{gr} 045
réducteur { après l'invertine.	0,990	2,801	3,317	3,287	2,796
(en glucose { formé par l'in- p. 100) vertine	0,866	1,687	2,091	2,104	1,751
Indice de réduction	633	640	603	590	603
Saccharose	0,82	1,60	1,98	2,00	1,66
Amidon	0,6	6,0	7,5	11,2	11,4

momentanée du pédoncule floral chez les mâles et de la columelle chez les femelles. D'ailleurs, la composition chimique des deux sexes continue à présenter des différences qui peuvent rentrer dans le cadre des erreurs d'expériences.

4^e PÉRIODE VÉGÉTATIVE

*Continuation de la période d'assimilation, avec apparition
de la ramification souterraine*

Les résultats consignés dans le tableau IX s'appliquent à une époque où les feuilles continuent à travailler intensivement à la reconstitution des réserves glucidiques, et où les bourgeons expectants ont déjà commencé à s'allonger en rameaux souterrains qui atteignent quelques centimètres de longueur.

TABLEAU IX

RÉCOLTE DU 1 ^{er} SEPTEMBRE 1921	POUSSES		VIEUX RHIZOMES	VIEILLES RACINES	RACINES DE L'ANNÉE	NOUVELLES POUSSES SOUTERRAINES	
	Partie aérienne	Partie sou- teraine					
Déviatiou { l = 2 t = 25°	initiale	+ 1°50'	+ 8°22'	+ 8°36'	+ 8°16'	+ 6°16'	+ 22'
	après l'invertine.	— 38'	+ 4°38'	+ 5°24'	+ 4°28'	+ 2°30'	— 1°
Sucre réducteur (en glucose p. 100)	initial.	0 ^{gr} 585	1 ^{gr} 661	1 ^{gr} 550	1 ^{gr} 627	1 ^{gr} 363	1 ^{gr} 820
	après l'invertine.	2, 120	3, 850	3, 610	4, 040	3, 750	2, 655
	formé par l'in- vertine.	1, 535	2, 189	2, 060	2, 413	2, 387	0, 835
Indice de réduction	622	586	643	635	633	613	
Saccharose	1, 15	2, 07	1, 95	2, 29	2, 26	0, 79	
Amidon	0, 8	6, 1	7, 2	13, 4	13, 2	0, 4	

5^e PÉRIODE VÉGÉTATIVE

Déclin de la végétation aérienne

TABLEAU X

RÉCOLTE DU 6 NOVEMBRE 1921	POUSSES		VIEUX RHIZOMES	VIEILLES RACINES	RACINES DE L'ANNÉE	NOUVELLES POUSSES SOUTERRAINES	
	Partie aérienne	Partie sou- sot- teraine					
Déviatiou $\left. \begin{array}{l} l = 2 \\ t = 15^{\circ} \end{array} \right\}$ initiale après l'invertine.	+ 42'	+ 7°54'	+ 8°12'	+ 8°20'	+ 7°36'	+ 2°52'	
	— 12'	+ 2°16'	+ 2°54'	+ 2°20'	+ 1°40'	— 1°12'	
Sucre réducteur (en glucose p. 100)	$\left. \begin{array}{l} \text{initial} \\ \text{après l'invertine,} \\ \text{formé par l'in-} \\ \text{vertine} \end{array} \right\}$	0 ^{gr} 080 0, 640 0, 560	0 ^{gr} 962 4, 381 3, 419	0 ^{gr} 891 4, 203 3, 312	0 ^{gr} 936 4, 840 3, 904	0 ^{gr} 891 4, 436 3, 545	1 ^{gr} 357 3, 910 2, 553
Indice de réduction	622	606	624	650	597	627	
Saccharose	0, 53	3, 24	3, 11	3, 70	3, 36	2, 12	
Amidon	0, 2	4, 7	5, 1	8, 3	9, 0	1, 6	

Le tableau X correspond sensiblement au maximum d'accumulation des réserves, car la récolte des échantillons a été effectuée à la veille des fortes gelées qui mirent fin, en 1921, à la végétation herbacée.

La vie aérienne de la plante est terminée, mais son évolution

TABLEAU XI

RÉCOLTE DU 8 DÉCEMBRE 1921		RHIZOMES	RACINES	POUSSES SOU- TERRAINES
Déviatiou	(initiale	+ 7 ^o 52'	+ 9 ^o 34'	+ 3 ^o 2'
(<i>l</i> = 2; <i>t</i> = 15 ^o)	(après l'invertine ...	+ 52'	+ 1 ^o 26'	— 50'
Sucre réducteur	initial	0 ^{gr} 687	0 ^{gr} 863	1 ^{gr} 375
(en glucose p. 100)	après l'invertine ...	4,950	5,823	3,699
	formé par l'invertine	4,263	4,960	2,324
Indice de réduction.....		609	609	601
Saccharose		4,04	4,71	2,20
Amidon		3,1	5,6	1,2

souterraine va se poursuivre lentement pendant les mois d'hiver.

Pour compléter cette série d'analyses, je mentionne, dans le tableau XI, les résultats obtenus en décembre 1921. Comme on peut s'en rendre compte, ils sont absolument comparables à ceux que m'a fournis ma première récolte de décembre 1920 et que j'ai consignés dans le tableau I.

Influence des conditions de végétation. — J'ai indiqué, dans la deuxième partie de ce travail, l'influence considérable exercée par la nature du sol sur le développement de la *Mercuriale vivace*. Les résultats qui figurent dans le tableau XII montrent que l'accumulation des principes de réserve, dans les organes souterrains, dépend très nettement des conditions de végétation.

Tandis que les échantillons analysés précédemment provenaient d'un sous-bois riche en terreau, ceux qui suivent furent extraits d'un sol rocailleux et très pauvre en humus. Aussi possédaient-ils des tiges feuillées moins développées et des

rameaux souterrains moins nombreux que les pieds récoltés habituellement.

Il est facile de se rendre compte que les résultats fournis par cet essai ne sont nullement comparables à ceux des tableaux IX et X, et que les différences observées dans la composition chimique dépendent, comme les différences morphologiques, de la nature du terrain sur lequel poussa la plante.

TABLEAU XII

RÉCOLTE DU 15 OCTOBRE 1921		POUSSES		VIEUX RHIZOMES	VIEILLES RACINES	RACINES DE L'ANNÉE	NOUVELLES POUSSES SOUTERRAINES
		Partie aérienne	Partie sou- terrain				
Déviation $l = 2$ $t = 15^{\circ}$	initiale	+ 1°12'	+ 4°22'	+ 5°28'	+ 5°22'	+ 3°28'	+ 40'
	après l'invertine.	— 10'	+ 1°46'	+ 3°	+ 2°44'	+ 1°34'	— 42'
Sucre réducteur (en glucose p. 100)	initial	0,81108	0,81836	0,81875	0,81849	0,81671	1,81002
	après l'invertine.	0,935	2,420	2,387	2,420	1,903	1,892
	formé par l'in- vertine	0,827	1,581	1,512	1,571	1,232	0,890
Indice de réduction		605	609	614	596	648	651
Saccharose		0,78	1,50	1,43	1,49	1,17	0,84
Amidon		0,2	3,3	2,4	4,6	6,5	0,4

L'examen des résultats fournis par ces 12 essais biochimiques montre que les divers organes de la *Mercuriale vivace* présentent une composition très différente :

Les parties aériennes fournissent toujours des extraits dont la déviation initiale dextrogyre passe nettement à gauche, sous l'action de l'invertine. En même temps, les indices de réduction, obtenus sous l'influence de ce ferment, sont généralement assez rapprochés de l'indice théorique du saccharose pour qu'il soit permis de supposer que les organes d'assimilation ne renferment que ce sucre.

Les pousSES, dont le développement commence en août-septembre (tableau IX) et se poursuit pendant l'hiver (tableaux X,

XI, I, II, III), se comportent de la même façon, tant que dure leur vie souterraine.

Les rhizomes, les racines et les parties souterraines des pousses après la fructification, qui constituent les organes de réserve de la plante, fournissent des liquides extractifs qui diffèrent nettement des précédents par la persistance de la rotation droite qu'ils conservent après l'hydrolyse biochimique. Ces propriétés optiques, qui ne sont plus celles du saccharose pur, font soupçonner, dans ces organes, la présence d'un principe dextrogyre différent du sucre de canne et dont les proportions varient avec les époques de la végétation.

Identification des glucides

I. — Extraction du saccharose

Afin de vérifier les indications fournies par l'invertine, j'ai voulu extraire, des principaux organes de la plante, le sucre dédoublable par ce ferment.

De 1 kilogramme de tiges feuillées, récoltées en septembre 1921, j'ai obtenu, en employant le procédé bien connu de la combinaison barytique, un sucre cristallisé qui présentait le pouvoir rotatoire du saccharose :

$$\alpha_D = + 66^{\circ},6 \\ (p = 1,120; v = 25; l = 2; \rho = + 5^{\circ}38')$$

La solution sucrée qui avait servi à déterminer le pouvoir rotatoire fut additionnée d'invertine et abandonnée, pendant six jours, à l'étuve à 35°. A ce moment, la solution était devenue réductrice et présentait, à 18°, une rotation égale à — 1°38'.

D'autre part, en traitant 1 kilo de pousses souterraines, arrachées en décembre 1921, j'ai pu obtenir facilement douze grammes de cristaux ayant, dès la première cristallisation, un pouvoir rotatoire égal à :

$$\alpha_D = + 66^{\circ},5 \\ (p = 1,109; v = 25; l = 2; \rho = + 7^{\circ}30')$$

Après avoir été additionnée d'invertine et abandonnée pendant six jours à 35°, la solution présentait, à 16°, une rotation de — 2°10'.

Certains changements optiques, observés dans les solutions

extractives correspondant aux rhizomes et aux racines, pouvant laisser supposer la présence d'un principe partiellement hydrolysable par l'invertine, j'ai tenu à identifier le sucre dédoublable contenu dans ces organes. Après avoir préparé un extrait à l'aide de rhizomes et de racines et traité, selon la technique habituelle, les solutions extractives par l'hydrate de baryte, j'ai eu recours à la méthode des précipitations fractionnées par l'alcool. Les liquides sucrés provenant des divers précipités furent examinés au polarimètre, et leurs pouvoirs rotatoires, calculés d'après l'extrait sec obtenu, diminué de la quantité de cendres.

Or, le premier fractionnement donna $\alpha_D = +23^\circ$ et le dernier $\alpha_D = +16^\circ$.

Finalement, l'épuisement, par l'alcool à 95° bouillant, de l'extrait sec résultant de la concentration des solutions sucrées, me donna des cristaux qui présentaient les caractères du saccharose :

$$\alpha_D = +66^\circ,4$$

$$(p = 1,003; v = 25; l = 2; \rho = +5^\circ 20')$$

Sous l'action de l'invertine, la rotation de la solution qui avait servi à déterminer le pouvoir rotatoire passa de $+5^\circ 20'$ à $-1^\circ 36'$.

Ces résultats montrent que les différents organes de la *Mercuriale vivace* ne renferment que du saccharose, comme sucre hydrolysable par l'invertine.

II. — Identification du principe dextrogyre.

Les divers essais biochimiques exposés précédemment indiquent que le composé dextrogyre, qui accompagne le saccharose dans les organes de réserve, est emmagasiné pendant la période d'activité assimilatrice du végétal. C'est ce que montre clairement le tableau XIII, dans lequel j'ai résumé les variations des glucides dans les organes de réserve, avant, pendant et après la période d'assimilation.

L'examen de ce tableau permet de tirer les conclusions suivantes :

1° Les déviations dextrogyres des différents essais, avant et après l'action de l'invertine, augmentent régulièrement d'avril à septembre ;

TABLEAU XIII

RÉSULTATS POUR 100 GRAMMES D'ORGANES FRAIS	10 FÉVRIER		6 AVRIL		10 MAI		7 JUIN		15 JUILLET		1 SEPTEMBRE		8 DÉCEMBRE	
	Rhizomes	Racines	Rhizomes	Racines	Rhizomes	Racines	Rhizomes	Racines	Rhizomes	Racines	Rhizomes	Racines	Rhizomes	Racines
Déviations (l = 2)														
initiale	+ 5°12'	+ 5°26'	+ 2°20'	+ 3°26'	+ 4°42'	+ 4°20'	+ 6°8'	+ 4°50'	+ 7°56'	+ 7°10'	+ 8°36'	+ 8°16'	+ 7°52'	+ 9°34'
après l'invertine	+ 1°46'	+ 1°58'	+ 8'	+ 8'	+ 2°12'	+ 1°50'	+ 4°8'	+ 3°12'	+ 4°28'	+ 3°36'	+ 5°24'	+ 4°28'	+ 52'	+ 1°26'
Sucres														
réducteur	0,715	0,880	0,7509	0,665	0,869	0,812	1,155	1,069	1,226	1,183	1,550	1,627	0,687	0,863
(en glucose formé par l'in- vertine.....)	3,043	3,025	1,838	2,480	2,454	2,402	2,336	2,040	3,317	3,287	3,610	4,040	4,950	5,823
Saccharose	2,328	2,145	1,329	1,875	1,585	1,590	1,181	0,971	2,091	2,104	2,060	2,413	4,263	4,960
Maltose anhydre	2,21	2,03	1,26	1,78	1,50	1,51	1,12	0,92	1,98	2,00	1,95	2,29	4,04	4,71
Glucoses	0,85	1,02	0,25	0,40	0,96	0,75	1,65	1,30	1,89	1,60	2,20	2,05	0,86	1,25
Matières amylacées	0,24	0,32	0,37	0,38	0,34	0,39	0,24	0,35	0,20	0,29	0,35	0,40	0,20	0,17
	3,0	4,4	3,0	4,1	4,7	6,8	6,8	10,8	7,5	11,2	7,2	13,4	3,4	5,6

2° Cette augmentation ne dépend que pour une faible part de la quantité de saccharose emmagasinée, puisque la proportion de ce sucre varie très peu pendant la période végétative considérée ;

3° L'accroissement du pouvoir dextrogyre coïncide avec une accumulation des matières amylacées et avec une augmentation simultanée de la proportion de sucre réducteur initial.

Afin de vérifier les indications fournies par la technique biochimique, j'ai essayé de déterminer la nature des matières réductrices par la méthode des osazones. J'ai utilisé, à cet effet, des solutions extractives déféquées par le sous-acétate de plomb, privées de l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré, et débarrassées de l'acide acétique par agitation avec de l'éther et concentration dans le vide à basse température. Pour éviter la formation d'osazones parasites, au cours d'un chauffage prolongé à 100° avec la phénylhydrazine et l'acide acétique, j'ai soumis les liquides sucrés à l'action du chlorhydrate de phénylhydrazine, en présence d'acétate de soude.

En suivant ensuite la technique indiquée par L. GRIMBERT (1), j'ai pu mettre facilement en évidence, dans les solutions correspondant aux rhizomes et aux racines, l'existence de deux osazones : l'une, peu abondante, insoluble dans l'eau chaude, dans l'acétone étendue de son volume d'eau et dans l'alcool méthylique, présentait au microscope l'aspect de la glucosazone ; l'autre, très abondante, soluble dans l'eau chaude, dans l'acétone étendue de son volume d'eau et dans l'alcool méthylique, offrait au microscope la forme cristalline, en rosace, de la maltosazone. Après purification, ces deux osazones fondaient, au bloc de MAQUENNE, la première à 230-232°, la seconde à 195-197°.

Ces résultats semblaient indiquer que le sucre réducteur initial était constitué en petite quantité par des glucoses et en majeure partie par du maltose.

Les indications fournies par la méthode des osazones furent vérifiées au moyen du réactif de BARFOED. Les solutions extractives correspondant aux organes de réserve réduisaient fortement la liqueur cupro-potassique et se montraient, par contre,

(1) L. GRIMBERT, Recherches de petites quantités de maltose en présence de glucose (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, (6), XVII, 225, 1903).

très faiblement réductrices vis-à-vis du réactif à l'acétate de cuivre. En utilisant ce dernier réactif selon la technique préconisée par LE GRAND (1), et en tenant compte de la réduction due au maltose, j'ai pu doser, d'une façon approchée, la quantité de glucoses contenue dans les rhizomes et les racines et obtenir, par différence, la proportion de maltose coexistante.

Essais d'extraction du maltose. — Les résultats précédents ne suffisant pas à identifier le maltose, je me suis efforcé d'isoler ce sucre à l'état cristallisé. Les observations recueillies au cours d'une année indiquaient qu'il y avait intérêt à utiliser, pour l'extraction de ce principe, des organes récoltés en été. Une quantité suffisante de rhizomes et de racines fut donc arrachée, à Beaulieu-en-Argonne, le 25 juillet 1922 et traitée, le plus rapidement possible, par l'alcool bouillant.

Je consigne ci-dessous les résultats de l'essai biochimique correspondant à cette récolte. Ils montrent, très nettement, la relation qui existe entre la déviation dextrogyre des liquides d'hydrolyse et leur richesse en sucre réducteur initial :

Déviatiôn initiale ($l = 2$).....	+ 7°42'
Déviatiôn après l'actiôn de l'invertine.....	+ 6°32'
Sucre réducteur initial (en glucose p. 100).....	1 ^{gr} ,666
Sucre réducteur après l'actiôn de l'invertine....	2 , 356
Sucre réducteur formé par l'invertine.....	0 , 690
Saccharose.....	0 , 65
Maltose anhydre.....	2 , 40
Glucoses.....	0 , 33

Les liquides extractifs, provenant du traitement de 8 kilos de parties souterraines, furent déféqués complètement par le sous-acétate de plomb, débarrassés de l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré et distillés dans le vide, à une température inférieure à 40°. L'extract ainsi obtenu se présentait sous l'aspect d'une masse transparente, de couleur rouge rubis, ayant la consistance du miel épais.

Pour en extraire le maltose, j'ai d'abord eu recours au procédé à la phénylhydrazine indiqué par C. TANRET (2). Il consiste

(1) LE GRAND, Dosage du maltose ou du lactose en présence d'autres sucres réducteurs (emploi de la liqueur de BARFËD) *C. R. Ac. Sc.*, CLXXII, 602, 1921.

(2) C. TANRET, Sur l'extraction des sucres réducteurs (*Bull. Soc. Chim.*, (3), XXVII, 392, 1902).

à transformer les sucres réducteurs en phénylhydrazones, à isoler celles-ci, puis à les décomposer par l'aldéhyde benzoïque pour en libérer les sucres.

Malheureusement, ce procédé d'extraction, excellent quand on opère avec des sucres purs, ne m'a pas donné de résultats satisfaisants. Ainsi que l'auteur lui-même l'a signalé, l'hydrazone du maltose retient énergiquement les hydrazones des glucoses auxquelles elle est mélangée, et une partie notable du maltose échappe à la réaction. En outre, lors de l'extraction de l'hydrazone du maltose par l'alcool, une certaine quantité de saccharose passe en solution. Il en résulte que les liqueurs sucrées obtenues après traitement par l'aldéhyde benzoïque, bien qu'enrichies en maltose, renferment encore tous les constituants du mélange initial, et que le pouvoir rotatoire brut, déterminé sur la solution finale, est encore éloigné de celui du maltose.

Ne pouvant obtenir, par cette méthode, du maltose exempt de glucose ou de saccharose, j'ai essayé d'éliminer ces deux derniers sucres par la fermentation. La solution sucrée fut additionnée d'invertine jusqu'à transformation totale du saccharose en sucre inverti, puis soumise à l'action de la levure de bière fraîche. Le maltose étant lui-même fermentescible, la levure fut ajoutée en quantité assez faible pour permettre de suivre facilement le processus fermentaire, au moyen d'essais de réduction effectués avec la liqueur de BARFOED. Lorsque la disparition du glucose et du lévulose fut jugée suffisante, la fermentation fut arrêtée. Mais à ce moment, malgré les précautions prises, la moitié du maltose avait disparu.

La solution fermentaire fut alors neutralisée par le carbonate de calcium, filtrée et déféquée. Après une nouvelle filtration, elle fut finalement concentrée dans le vide à basse température. L'extrait obtenu fut épuisé par de l'alcool à différents degrés et les solutions alcooliques, abandonnées dans un endroit frais.

Après trois mois de repos, aucune cristallisation ne s'étant produite, même après amorçage avec du maltose pur, j'ai additionné les solutions alcooliques d'une certaine quantité d'éther. Il en résulta la précipitation d'une masse sirupeuse, qui fut desséchée dans le vide jusqu'à obtention d'un résidu pulvérisable.

Le produit obtenu était légèrement jaunâtre. Mis en solution

aqueuse et examiné au polarimètre, il présentait un pouvoir rotatoire correspondant à $\alpha_D = +78^\circ$.

Ce résultat indiquait que le maltose se trouvait mélangé à des substances étrangères solubles dans l'alcool. Le dosage des sucres réducteurs, effectué sur la solution qui avait servi à la détermination du pouvoir rotatoire, montra que la proportion de maltose contenue dans le mélange dépassait à peine 50 %, le reste étant constitué par une matière inerte, soluble dans l'alcool fort.

On peut supposer que c'est la présence de cette substance, dans les diverses solutions alcooliques, qui empêcha toute cristallisation.

Caractérisation du maltose par son osazone. — Devant l'impossibilité de séparer la matière sucrée elle-même, et la maltosazone constituant le seul dérivé qu'il me fût possible d'avoir parfaitement pur, je me suis efforcé d'obtenir le maximum de certitude que la méthode des osazones est susceptible de fournir.

En suivant la technique précédemment indiquée, j'ai donc préparé, à partir des organes de réserve, une assez grande quantité d'osazone, dont j'ai comparé les caractères à ceux d'une maltosazone obtenue avec du maltose pur. Les déterminations qui suivent furent faites sur des produits purifiés par trois cristallisations successives dans l'eau distillée :

Analyse élémentaire. — L'analyse organique de l'osazone fournie par la plante m'a donné les résultats suivants :

Calculé pour		Trouvé $C_{24}H_{32}N_4O_9$	
—		—	
C %.	55,16...	55,38	} Matière, 0gr,123; CO ₂ , 0gr,2488; H ₂ O, 0gr,0704. N sur eau, 12 ^{cc} ,5 (H ₂ = 746; t = 21°).
H ..	6,35...	6,15	
N ..	10,62...	10,76	

Ces données analytiques montrent qu'il s'agit bien de l'osazone d'un hexobiose.

Point de fusion. — Au bloc de MAQUENNE, par la méthode de fusion instantanée de BERTRAND, l'osazone isolée fond à 196-198°, et son mélange avec l'osazone du maltose pur fond à la même température.

Pouvoir rotatoire. — 1° DANS L'ALCOOL-PYRIDINE. — Le pouvoir rotatoire fut d'abord déterminé, selon les indications de NEUBERG (1), en dissolvant 0 gr. 20 d'osazone dans un mélange de 4 cm³ de pyridine pure et de 6 cm³ d'alcool absolu et en observant la rotation avec un tube de un décimètre.

La déviation obtenue dans ces conditions a été trouvée égale à + 1°30'. C'est la valeur moyenne indiquée par l'auteur pour la maltosazone ; elle correspond à $\alpha_D = + 75^\circ$.

2° DANS L'ALCOOL MÉTHYLIQUE. — Le mélange précédent pourvant dissoudre toutes les osazones, j'ai préféré utiliser, pour l'examen optique de la maltosazone, les liquides mêmes qui permettent de l'isoler : acétone étendue de son volume d'eau et alcool méthylique pur.

Dans ces dissolvants, de même que dans l'alcool éthylique, la maltosazone possède un pouvoir rotatoire dextrogyre. Comme elle est un peu plus active dans l'alcool méthylique que dans l'acétone diluée, je donne ci-dessous les valeurs obtenues en examinant, parallèlement, en solution méthylique, l'osazone provenant de la plante et la maltosazone pure (2) :

Maltosazone pure ($p = 0,1415$; $v = 25$; $l = 2$; $t = 16^\circ$)
 $\rho = + 0^\circ42'$; soit $\alpha_D = + 61^\circ$.

Osazone de la Mercuriale ($p = 0,1021$; $v = 20$; $l = 2$; $t = 16^\circ$)
 $\rho = + 0^\circ38'$; soit $\alpha_D = + 62^\circ$.

On peut considérer ces valeurs comme identiques ; mais, afin d'avoir une certitude plus grande, j'ai comparé les dispersions rotatoires moléculaires des deux osazones en solution méthylique :

Maltosazone pure ($p = 0,1415$; $v = 25$; $l = 2$; $t = 16^\circ$)

(1) C. NEUBERG, *Ber. d. d. chem. Gesellsch.*, XXXII, 3384, 1899.

(2) Le pouvoir colorant de la maltosazone ne permettant d'examiner que des solutions d'une concentration voisine de 0,5 p. 100, les rotations observées n'atteignent pas 1°. Il en résulte qu'une erreur de lecture de quelques minutes a une répercussion notable sur la détermination du pouvoir rotatoire moléculaire, et que celui-ci ne peut être obtenu qu'approximativement. (Dans les mêmes conditions, la lactosazone dévie à gauche le plan de la lumière polarisée).

Longueur d'onde	Rotation observée	Pouvoir rotatoire moléculaire
Raie D	$\rho = + 0^{\circ}70$	$\alpha_D = + 61^{\circ}$
Raie jaune ($\lambda = 0,579$)...	$\rho = + 0^{\circ}74$	$\alpha (579) = + 65^{\circ}$
Raie verte ($\lambda = 0,546$)...	$\rho = + 0^{\circ}85$	$\alpha (546) = + 75^{\circ}$

Osazone de la Mercuriale ($p = 0,145$; $v = 25$; $l = 2$; $t = 16^{\circ}$)

Longueur d'onde	Rotation observée	Pouvoir rotatoire moléculaire
Raie D	$\rho = + 0^{\circ}70$	$\alpha_D = + 60^{\circ}$
Raie jaune ($\lambda = 0,579$)...	$\rho = + 0^{\circ}75$	$\alpha (579) = + 64^{\circ}$
Raie verte ($\lambda = 0,546$)...	$\rho = + 0^{\circ}86$	$\alpha (546) = + 74^{\circ}$

Bien que faibles, les valeurs des pouvoirs rotatoires obtenus sont suffisamment rapprochées pour permettre de conclure que la dispersion rotatoire mesurée est bien celle de la maltosazone.

Ces déterminations, qui identifient l'osazone isolée avec la maltosazone, semblaient indiquer que le principe dextrogyre et réducteur des organes de réserve de la Mercuriale vivace était bien le maltose.

III. — Extraction du maltose

Afin de pouvoir conclure, avec une certitude absolue, à la présence du maltose, j'ai encore tenté, tout dernièrement, d'isoler ce sucre à l'état pur.

Quatre kilos de rhizomes et de racines furent récoltés le 1^{er} juillet 1924 et traités, le lendemain, par l'alcool bouillant. Comme le montrent les résultats de l'essai biochimique correspondant à cette récolte, les organes analysés étaient relativement pauvres en maltose :

Rotation initiale ($l = 2$)	$+ 4^{\circ}20'$
Rotation après l'action de l'invertine	$+ 2^{\circ}$
Sucre réducteur initial (en glucose %)	0gr,687
Sucre réducteur après l'action de l'invertine	2 , 148
Sucre réducteur formé par l'invertine	1 , 461
Saccharose	1 , 38
Maltose	0 , 90
Glucoses	0 , 20

L'isolement du maltose a été réalisé en faisant passer ce sucre à l'état de maltosate de baryte, après élimination du saccharose et des glucoses.

À cet effet, le liquide aqueux résultant du traitement des organes souterrains fut soumis à l'action du *Saccharomyces Marxianus*, levure qui agit sur le saccharose et sur les glucoses, sans toucher au maltose. La fermentation dura deux mois. Lorsqu'elle fut terminée, le liquide fermentaire fut déféqué par le sous-acétate de plomb et débarrassé de l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré. Après avoir été agité avec de l'éther, il fut concentré dans le vide à 250 cm³, puis additionné, vers 0°, d'une solution renfermant une quantité calculée d'hydrate de baryte. La combinaison barytique fut précipitée par l'alcool fort et décomposée par le gaz carbonique. Après décoloration par le noir animal, la solution sucrée fut évaporée à sec, sous pression réduite. Le résidu obtenu fut épuisé par ébullition avec de l'alcool à différents degrés. La cristallisation commença, au bout de quelques jours, dans l'alcool à 85°.

Les cristaux recueillis, lavés avec de l'alcool et séchés sur l'acide sulfurique, présentaient les propriétés suivantes :

Perte en eau. — Desséché d'abord dans le vide sulfurique, puis à l'étuve à 105°, le corps perd 4,90 % d'eau de cristallisation (Perte théorique pour $C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O$: 5 %).

Pouvoir rotatoire. — Déterminé à la température de 15°, le pouvoir rotatoire du sucre hydraté est égal à + 129°,8.

$$(\rho = 0,6338; n = 20; l = 2; \varphi = + 8'14'')$$

Ce sucre possède une multirotation croissante :

5 minutes après la dissolution,	$\alpha_D = + 115^{\circ},7$
1 heure »	» 120°,9
8 »	» 127°,7
12 »	» 129°,8
24 »	» 129°,8

Pouvoir réducteur. — Le sucre isolé est sans action appréciable sur le réactif de BARFOED. Il réduit très nettement la liqueur cupro-potassique.

Son pouvoir réducteur, rapporté au sucre anhydre, a été déterminé en suivant la technique de G. BERTRAND :

Sucre en milligr.	Cuivre en milligr.
60,2	65,6

1 gr. de produit réduit donc comme 0 gr. 557 de glucose.

Hydrolyse par l'acide sulfurique à 3 %. — 20 cm³ d'une solution aqueuse contenant 0 gr. 3174 de sucre et 0 gr. 60 d'acide sulfurique ont été chauffés, en tube scellé, à 110° pendant deux heures.

La rotation, qui était de +4°6', s'abaissa, après hydrolyse, à +1°40' ($l=2$) ; ce qui correspond à $\alpha_D = +52,4$.

Action de l'acide nitrique. — Traité par l'acide nitrique de densité 1,15, suivant la technique habituelle, le sucre ne fournit pas d'acide mucique.

Action de l'anhydride acétique. — Chauffé avec de l'anhydride acétique, en présence d'acétate de soude anhydre, le sucre extrait de la Mercuriale donne un dérivé qui, après plusieurs cristallisations dans l'alcool, présente le point de fusion de l'octoacétylmaltose.

Le dérivé acétylé obtenu fond, au tube capillaire, à 157-158°, et son mélange avec le dérivé octoacétylé du maltose pur fond à la même température.

Propriétés cristallographiques du sucre et du dérivé acétylé. — Je me suis rendu compte, en identifiant le maltose par son osazone, que les caractères microscopiques de la maltosazone ne peuvent guère servir au diagnostic du maltose. En effet, non seulement les cristaux obtenus offrent des dimensions très variables, selon leur mode de formation et leur pureté, mais leur forme cristalline elle-même varie.

C'est ainsi qu'après avoir préparé, en partant de la Mercuriale vivace, une osazone constituée par de larges cristaux tabulaires, groupés en rosaces, j'ai obtenu, avec du maltose pur et dans des conditions de préparation identiques, une maltosazone qui se présentait en cristaux extrêmement déliés, groupés en faisceaux. Ce n'est qu'après de nombreuses cristallisations que sont apparus des cristaux tabulaires, dont quelques-uns seulement étaient organisés en rosaces.

Par contre, les observations faites par M. LONGCHAMBOY, professeur de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Nancy, montrent que le diagnostic microscopique du maltose est extrêmement net, lorsqu'il est établi sur le sucre lui-même ou sur son dérivé acétylé (1). De l'étude comparée qu'il a eu l'obli-

(1) L. LONGCHAMBOY, *Bull. de la Soc. Fr. de Minéralogie*, XLVIII, 1925,

geance de faire, il résulte que le sucre extrait de la Mercuriale vivace et son dérivé acétylé sont identiques, quant à leurs propriétés optiques et cristallographiques, au maltose et à l'acétylmaltose. Voici d'ailleurs les caractères de ces deux corps :

MALTOSE. — Dans une goutte d'eau placée sur une lame de verre, on dépose une petite quantité de sucre finement pulvérisé et l'on recouvre immédiatement le tout d'un couvre-objet. On place la préparation en atmosphère sèche, afin d'éliminer l'eau peu à peu et de provoquer la cristallisation du sucre dissous, au contact du sucre en excès. En opérant ainsi, on évite la sursaturation qui conduirait à un sirop incristallisable.

Le maltose apparaît, en quelques minutes, sous la forme de triangles isocèles, très minces (fig. 24), peu biréfringents, s'éteignant parallèlement à la base. Les côtés du triangle ont un aspect arrondi, car ils sont les traces de faces en zone, assez nombreuses. Il en résulte que l'angle au sommet est assez variable, mais cependant compris entre 100 et 120° . En lumière convergente, on constate que le plan des axes est perpendiculaire au plan du triangle isocèle et parallèle à la base.



FIG. 24 — Maltose.

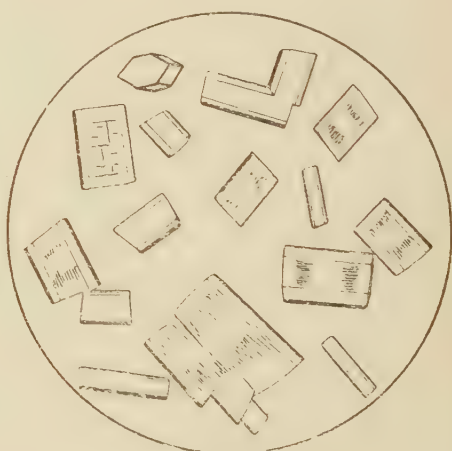


FIG. 25. — Acétylmaltose.

OCTOACÉTYLMALTOSE. — Les beaux cristaux obtenus par refroidissement de la solution alcoolique sont redissous à chaud ; une goutte de la solution, portée sur une lame de verre, cristallise immédiatement en prismes représentés par la figure 25.

L'aspect de ces prismes est caractéristique. Ainsi que le

signale W. J. POPE (1), ils portent, vers les deux extrémités, des stries parallèles à l'allongement. Entre nicols croisés, ils s'éteignent presque parallèlement à l'axe ; cependant, avec un écart de quelques degrés qui impliquerait une symétrie monoclinique, si ces écarts, peu constants, n'étaient sans doute dus à des malformations. En lumière convergente, on distingue que ces cristaux sont couchés tantôt sur g_1 , la bissectrice aiguë étant normale à cette face, tantôt sur m . Enfin, quelques cristaux sont aplatis suivant p .

En résumé, toutes ces données identifient le sucre isolé avec le maltose et permettent d'affirmer que c'est réellement ce principe qui accompagne le saccharose dans les organes de réserve de la Mercuriale vivace.

IV. — Nature des Glucoses

L'application de la méthode des osazones et l'utilisation du réactif de BARFOED ayant montré que le maltose est accompagné, dans les organes de réserve, d'une petite quantité de glucoses, j'ai essayé de me rendre compte si cette dernière catégorie de sucres réducteurs est constituée par du glucose-d seul, ou par du glucose mélangé de lévulose.

J'ai donc appliqué, aux organes souterrains de la Mercuriale vivace, le procédé biochimique de caractérisation du glucose imaginé par BOURQUELOT et BRIDEL (2).

Ce procédé repose sur la réaction glucosidifiante de l'émulsine, et constitue un renversement de la méthode de recherche des glucosides par ce ferment. Si l'on ajoute de l'émulsine à une solution alcoolique de glucose, il y a formation d'un glucoside β , non réducteur et lévogyre. La réaction se manifeste par une diminution de la proportion de glucose existant dans le mélange et par un déplacement de la rotation de la solution vers la gauche. L'observation des changements optiques et les modifications du pouvoir réducteur permettent donc de carac-

(1) W. J. POPE, *Zeitschr. f. Kristal.*, XXV, 453, 1896.

(2) EM. BOURQUELOT et M. BRIDEL, Recherche et caractérisation du glucose dans les végétaux par un procédé biochimique nouveau (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, (7), XXII, 209, 1920).

tériser directement le glucose contenu dans un mélange réducteur et d'en calculer approximativement la proportion.

Des solutions extractives fournies par les différents organes souterrains de la plante furent déféquées par le sous-acétate de plomb, puis privées du plomb et de l'acide acétique, selon la technique habituelle. Les extraits obtenus furent épuisés, à froid, par une quantité suffisante d'alcool méthylique à 50 %, permettant de combiner 68,9 % de glucose. Après un premier dosage des sucres réducteurs, les liqueurs alcooliques furent additionnées de 0 gr. 50 d'émulsine et abandonnées à la température du laboratoire. La marche de la synthèse fut suivie à l'aide du polarimètre, et le ferment fut renouvelé trois et quatre fois, jusqu'à ce que l'équilibre fut atteint. L'arrêt de la réaction fut suivi d'un nouveau dosage du sucre réducteur, qui permit de calculer la quantité de glucose combiné.

A la suite d'un assez grand nombre d'essais, effectués sur des organes qui avaient été récoltés à des époques différentes, j'ai constaté que, par rapport aux glucoses, la proportion de glucose-d varie dans les limites suivantes :

	p. 100.
Pousses souterraines.....	49 - 51
Rhizomes	50 - 68
Racines.....	40 - 60

Le glucose-d ne constitue donc qu'une partie des glucoses existant dans les organes souterrains, le reste étant vraisemblablement constitué par du lévulose.

Les résultats fournis par les pousses souterraines semblent indiquer que ces organes renferment du sucre interverti ; ce qui concorde avec les déviations optiques observées au cours des essais biochimiques. Quant aux rhizomes et aux racines, on voit qu'ils renferment des quantités variables de glucose.

Conclusions relatives aux variations des glucides dans la *Mercuriale vivace*

Les recherches complémentaires que je viens d'exposer confirment les indications sommaires fournies primitivement par l'analyse biochimique et permettent de résumer, de la

façon suivante, les transformations qui s'opèrent dans les différents organes de la *Mercuriale vivace* :

1° *Dans les parties aériennes*, l'amidon, le saccharose et les sucres réducteurs varient avec le développement de ces organes et avec leur activité assimilatrice ;

2° *Dans les pousses*, qui constituent, tant que dure leur vie souterraine, des organes en voie de formation et de croissance, la proportion de sucre réducteur est très forte, quelle que soit la saison. Elle oscille, en effet, entre 1 gr. 820 en septembre, au début de leur développement (tableau IX), et 1 gr. 254 au début de mars, époque à laquelle elles émergent (tableau IV).

La quantité de saccharose, qui est de 0 gr. 79 en septembre (tableau IX), passe par un maximum de 3 gr. 15 en décembre (tableau I), puis diminue peu à peu et atteint un minimum de 0 gr. 76 au début de mars (tableau IV).

L'amidon, qui n'existe dans les pousses qu'en quantité assez faible, ne présente, au cours de leur croissance, que des variations insignifiantes ;

3° *Dans les organes de réserve, c'est-à-dire les rhizomes, les racines et, après la fructification, les parties souterraines des pousses*, les transformations qui s'opèrent en cours d'année sont beaucoup plus complexes (tableau XIII).

La proportion de glucoses que renferment ces organes est très faible, quelle que soit la saison (0 gr. 20 à 0 gr. 40).

Les variations subies par l'amidon, le maltose et le saccharose sont plus importantes :

Pendant la première période végétative, la teneur en amidon des rhizomes et des racines ne subit que des variations de faible amplitude et approche lentement de son minimum (3 à 4 %). La quantité de maltose reste sensiblement constante et voisine de 1 %. Le saccharose, qui était à son taux maximum (4 %) au début de cette période, diminue au fur et à mesure de l'accroissement des rameaux souterrains et se trouve réduit de moitié, à la fin de cette période de vie purement souterraine.

Au cours de la deuxième période, la quantité d'amidon reste à son minimum ; le maltose atteint sa proportion la plus faible (0,25 %). Pendant ce temps, une nouvelle portion de saccharose disparaît.

Dès le début de la troisième période, on assiste à une accu-

mulation d'amidon ; le maltose commence, lui aussi, à augmenter progressivement. Par contre, c'est à ce moment que la quantité de saccharose est le plus faible (1 %).

Pendant la quatrième période, l'accumulation des matières amylacées atteint son maximum (7 % dans les rhizomes et 13 % dans les racines). Il en est de même de la proportion de maltose qui dépasse légèrement 2 %. La teneur en saccharose commence à augmenter, mais n'excède pas sensiblement 2 %.

A la fin de la cinquième période, la moitié environ de la réserve amylacée disparaît ; la proportion de maltose diminue sensiblement d'un tiers. La quantité de sucre de canne augmente, au contraire, du simple au double et indique qu'il y a, à cette époque, transformation d'amidon en saccharose.

En résumé : 1° Les résultats obtenus confirment les données déjà acquises sur les relations de l'amidon et du saccharose dans les organes de réserve des végétaux ;

2° La persistance et les variations du maltose dans les rhizomes et les racines de la Mercuriale vivace montrent que ce sucre, considéré habituellement comme une formation transitoire, semble constituer ici un véritable principe de réserve.

CHAPITRE III

Mercurialis tomentosa L.

J'ai effectué sur cette espèce deux séries d'essais : l'une, avec des plantes adultes poussant à l'état sauvage ; l'autre, avec des jeunes plantes cultivées.

Les essais biochimiques consignés dans le tableau I concernent des échantillons de *Mercuriale tomenteuse* récoltés aux environs de Montpellier, en juin 1921, et traités par l'alcool bouillant 48 heures après la récolte. A cette époque, les pieds mâles étaient défloris et les pieds femelles, en pleine maturité.

L'analyse a porté sur les plantes des deux sexes et sur leurs différents organes : tiges feuillées, racines et graines.

I. — PLANTE ADULTE (sauvage).

RÉCOLTE DU 28 JUIN 1921		TIGES FEUILLÉES		RACINES		GRAINES
			♀	♂	♀	
Déviation ($l = 2; t = 25^{\circ}$)	initiale	+ 36'	+ 24'	+ 2°54'	+ 2°30'	+ 1°50'
	après l'invertine.	+ 6'	— 6'	— 1°6'	— 1°	+ 8'
Sucre réducteur (en sucre inverti α, α)	initial.	0,605	0,605	0,325	0,673	0,077
	après l'invertine.	0,913	0,922	2,842	2,807	1,100
	formé par l'in- vertine.	0,308	0,317	2,517	2,134	1,023
Indice de réduction		616	634	628	609	601
Saccharose		0,292	0,301	2,391	2,027	0,971

Les essais biochimiques mentionnés dans le tableau II ont porté sur des échantillons de *Mercuriale tomenteuse* cultivés en Haute-Marne. Les plantes provenaient d'un semis effectué au début du printemps 1921 et leur arrachage eut lieu le 15 septembre. Les pieds mâles étaient alors défloris et les pieds femelles, en pleine maturité. Les plantes avaient donc accompli, comme dans le premier cas, leur période végétative annuelle.

II. — PLANTE DE PREMIÈRE ANNÉE (cultivée)

	Tiges feuillées	Racines
Déviatiou initiale ($l \pm 2$)	+ 1°24'	+ 2°52'
Déviatiou après l'actiou de l'invertine.....	— 11'	— 30'
Sucre réducteur initial.....	0°r.377	0°r.272
Sucre réducteur après l'actiou de l'invertine...	1 , 414	2 , 379
Sucre réducteur formé par l'invertine	1 , 037	2 , 107
Indice de réduction	635	625
Saccharose	0 , 985	2 , 001

Dans les deux cas, l'émulsine n'a produit aucune action hydrolysante, après un contact de six jours à l'étuve à 35°.

Bien qu'il s'agisse de plantes ayant végété dans des conditions fort différentes, l'examen de ces deux tableaux permet de faire les constatations suivantes :

1° Dans tous les organes analysés, l'indice que l'on obtient sous l'action de l'invertine est assez voisin de 603 pour qu'il soit permis de supposer que le sucre hydrolysé est le saccharose ;

2° Pendant la première année de sa végétation, la *Mercuriale tomenteuse* élabore dans ses tiges feuillées une quantité notable de sucre hydrolysable, et la proportion de ce sucre qu'elle accumule dans ses racines est sensiblement égale à celle que renferment les racines âgées de plusieurs années ;

3° Les tiges feuillées de la *Mercuriale tomenteuse*, qui sont persistantes, contiennent des quantités appréciables de matières sucrées aux différentes époques de la végétation ;

4° Les pieds mâles et les pieds femelles ont une composition sensiblement identique ;

5° La *Mercuriale tomenteuse* ne renferme pas de glucoside hydrolysable par l'émulsine, dans les conditions indiquées.

Extraction du saccharose. — J'ai appliqué, aux liquides extractifs provenant de 1 kilo de plantes entières, le procédé à

la baryte indiqué précédemment. J'ai obtenu ainsi un extrait coloré en rouge rubis, qui fut épuisé à plusieurs reprises par l'alcool à 95° bouillant, en présence de noir animal. Les diverses solutions alcooliques ont laissé déposer, en quelques semaines, 5 gr. 75 de cristaux qui, lavés à l'alcool et séchés à l'air, présentaient le pouvoir rotatoire suivant :

$$\alpha_D = + 66^{\circ},2$$

$$(p = 1,076; v = 25; l = 2; \rho = + 5^{\circ}42')$$

Après avoir subi l'action de l'invertine pendant six jours, la solution qui avait été utilisée pour la détermination du pouvoir rotatoire était devenue fortement réductrice et présentait, à 17°, une rotation égale à $-1^{\circ}44'$.

Le sucre hydrolysable élaboré par la *Mercuriale tomenteuse* est donc bien le saccharose.

Recherche des diastases dans les différentes espèces

Pour effectuer cette recherche, j'ai préparé, pour chaque espèce, une poudre fermentaire. A cet effet, j'ai épuisé à froid, par 500 cm³ d'alcool à 95°, 50 grammes de plante fraîche, finement broyée. Le marc fut essoré, lavé à l'alcool, puis à l'éther, et séché dans le vide sulfurique. Il fut enfin pulvérisé et tamisé, de façon à obtenir une poudre homogène.

Chacune de ces poudres, ajoutée à de l'eau thymolée dans la proportion de 1 %, se montra inactive sur la lumière polarisée et dépourvue de propriétés réductrices.

Recherche de l'invertine et de l'émulsine. — J'ai préparé, avec chaque poudre fermentaire, les mélanges suivants :

I.	∖ Poudre fermentaire.....	0gr,50
	/ Eau thymolée.....	50 cm ³
II.	∖ Poudre fermentaire.....	0gr,50
	/ Solution de saccharose à 1 p. 100.....	50 cm ³
III.	∖ Poudre fermentaire.....	0gr,50
	/ Solution d'amygdaline à 1 p. 100.....	50 cm ³
IV.	∖ Poudre fermentaire.....	0gr,50
	/ Solution de salicine à 1 p. 100.....	50 cm ³

Ces quatre mélanges furent abandonnés, pendant huit jours, à la température de 35°, puis examinés au polarimètre. Les

résultats obtenus, après ce temps de contact, sont consignés dans le tableau qui suit :

SOLUTIONS	DÉVIATIONS INITIALES	DÉVIATIONS APRÈS ACTION DE LA POUDRE FERMENTAIRE		
		<i>M. annua</i>	<i>M. perennis</i>	<i>M. tomentosa</i>
Eau thymolée.....	0	0	0	0
Sol. de saccharose..	+ 1°20'	— 20'	— 20'	— 6'
— d'amygdaline..	— 42'	— 18'	2'	30'
— de salicine....	— 1°16'	+ 26'	+ 30'	— 0

Ainsi, toutes les poudres fermentaires, dont les macérations dans l'eau thymolée s'étaient montrées inactives sur la lumière polarisée, ont déterminé un changement notable dans les déviations initiales des solutions de saccharose, de salicine et d'amygdaline.

Toutes ces solutions réduisaient la liqueur cupro-potassique, tandis que celles qui avaient été conservées comme témoins n'étaient pas réductrices. En outre, les solutions d'amygdaline présentaient une odeur très forte d'essence d'amandes amères.

Les trois Mercuriales renferment donc de l'invertine et de l'émulsine.

Recherche de la maltase. — Pour rechercher ce ferment, j'ai fait agir, sur une solution de maltose, des poudres fermentaires préparées en épuisant, par l'eau distillée froide, une certaine quantité de plante fraîche broyée.

Pour mettre en évidence l'hydrolyse, j'ai eu recours à la réduction de la liqueur de BARROED. Ce réactif permet de déceler le moindre dédoublement du maltose. Comme les solutions de ce sucre réduisent légèrement, à l'ébullition, la solution acétique d'acétate de cuivre, la présence d'un témoin s'impose. L'importance de l'hydrolyse étant établie une fois pour toutes, il est facile de déterminer l'augmentation du pouvoir réducteur due à l'activité du ferment.

Voici les résultats obtenus en ajoutant 1 gr. de poudre

fermentaire à 30 cm³ de solution de maltose à 2 %, et après un séjour du mélange à 40° pendant vingt-quatre heures :

MALTOSE HYDROLYSÉ P. 100

<i>M. annua</i>	30
<i>M. perennis</i>	18,5
<i>M. tomentosa</i>	10,2

Les poudres fermentaires obtenues en épuisant les organes par l'alcool à 95° agissent également sur le maltose ; mais leur action est beaucoup plus lente.

Ces résultats établissent la présence de maltase chez les trois Mercuriales.

Recherche de l'amylase. — J'ai préparé trois empois composés de 1 gramme de fécule et de 100 grammes d'eau et, à chacun d'eux, j'ai ajouté 1 gramme de poudre fermentaire.

Ces mélanges furent abandonnés à l'étuve à 35° pendant trois jours. Après filtration, ils réduisaient nettement la liqueur cupro-potassique et renfermaient les quantités suivantes de sucre réducteur, exprimé en glucose :

GLUCOSE P. 100

<i>M. annua</i>	0gr,38
<i>M. perennis</i>	0 , 41
<i>M. tomentosa</i>	0 , 40

Les trois Mercuriales renferment donc de l'amylase.

Conclusions de la troisième partie

Chaque chapitre comportant un résumé détaillé, je me contenterai d'exposer succinctement les principales conclusions auxquelles aboutissent mes recherches biochimiques.

CHAPITRE I

Mercurialis annua L.

Les résultats obtenus avec la Mercuriale annuelle confirment les données déjà acquises sur l'évolution des glucides chez les plantes annuelles :

C'est au moment de la floraison que les organes végétatifs présentent le maximum de sucres réducteurs et de sucre hydrolysable. Les glucoses prédominent dans les tiges feuillées, pendant que le saccharose se répartit, presque également, dans ces organes et dans les racines.

La maturation des graines correspond à un appauvrissement de l'appareil végétatif en sucres réducteurs, et ce sont les racines qui, les premières, s'épuisent en saccharose.

Les graines ne renferment qu'une faible quantité de sucres réducteurs, mais contiennent une proportion élevée de sucre hydrolysable ; ce qui met en relief la fonction de réserve qu'elles sont appelées à remplir.

Les tiges feuillées et les racines contiennent encore une certaine quantité de matières sucrées lorsque la plante est parvenue à la fin de sa végétation.

CHAPITRE II

Mercurialis perennis L.

Mes recherches montrent que les divers organes de la *Mercuriale* vivace présentent une composition très différente et que les substances glucidiques, élaborées par la plante, subissent des variations importantes au cours de la végétation annuelle.

Dans les parties aériennes, les glucides varient relativement peu, du moins tant que la plante est en pleine activité assimilatrice.

Dans les parties souterraines, où j'ai pu mettre en évidence la présence simultanée de l'amidon, du saccharose et du maltose, les variations sont beaucoup plus considérables :

1° Les variations de l'amidon et du saccharose confirment les données déjà acquises sur les relations de ces deux polysaccharides dans les organes de réserve des végétaux ;

2° La persistance et les variations du maltose dans les rhizomes et les racines de la *Mercuriale* vivace montrent que ce sucre, considéré habituellement comme une formation transitoire, semble constituer ici un véritable principe de réserve.

Cette opinion se trouve renforcée par les résultats obtenus en analysant méthodiquement les rameaux développés chaque année sur les rhizomes : pendant leur vie souterraine, ces rameaux sont dépourvus de maltose ; après leur sortie de terre, l'analyse ne permet jamais de déceler le maltose dans leur partie aérienne, tandis qu'elle révèle l'apparition de ce sucre dans leur partie souterraine aussitôt après la floraison. La quantité de maltose emmagasinée dans cette partie souterraine, devenue rhizome, augmente progressivement et atteint son maximum à la fin de la période d'activité assimilatrice. A partir de ce moment, elle commence à diminuer, reste sensiblement stationnaire pendant la durée de la vie purement souterraine et arrive à son minimum au moment du départ de la végétation aérienne.

Ces faits montrent que le maltose, qui existe constamment dans les organes de réserve de la *Mercuriale* vivace, y subit des

variations comparables à celles de l'amidon et du saccharose. Ils permettent donc de considérer ce sucre comme une substance de réserve, au même titre que les deux autres polysaccharides.

CHAPITRE III

Mercurialis tomentosa L.

La Mercuriale tomenteuse étant une plante vivace par sa souche, accumule dans cet organe les glucides qu'elle utilise au printemps.

Les tiges feuillées de cette plante sont persistantes ; elles renferment des matières de réserve pendant toute la végétation.

Les graines contiennent une quantité notable de sucre hydrolysable.

Le sucre hydrolysable élaboré et emmagasiné par la plante est le saccharose, ainsi que j'ai pu le constater en isolant ce principe à l'état cristallisé.

Dans toutes ces espèces, j'ai observé la présence de plusieurs diastases : amylase, maltase, invertine, émulsine ; mais, dans aucune, je n'ai pu déceler la présence d'un glucoside hydrolysable par l'émulsine.

Résumé général

Chaque partie de ce travail se terminant par des conclusions détaillées, je me contenterai de résumer ici les résultats généraux fournis par cette étude :

I. — Les graines des Mercuriales indigènes présentent, au point de vue chimique, une homogénéité remarquable. Elles fournissent des huiles très siccatives, susceptibles de recevoir les mêmes applications industrielles que l'huile de Lin.

Les résultats obtenus montrent qu'il existe, dans la graine, des caractères chimiques aussi constants que les caractères botaniques.

II. — Les graines des trois espèces étudiées se caractérisent par une germination lente et successive, qui s'échelonne sur une très longue période.

Par suite de sa germination capricieuse, *Mercurialis annua* se prête mal aux recherches sur le déterminisme sexuel.

Les formes monoïques que revêt cette espèce dans nos régions septentrionales sont semblables à celles que l'on observe chez le *Mercurialis ambigua*, et les graines qu'elles fournissent ont une tendance marquée à la monœcie.

Mercurialis perennis montre une reproduction séminale insignifiante, mais se multiplie intensivement au moyen de ses rhizomes. Le premier développement de cette plante s'effectue lentement, puis le nœud cotylédonaire devient bientôt le siège d'une importante ramification que j'ai étudiée en détail.

III. — Les résultats fournis par l'application, au *Mercurialis annua* et au *Mercurialis tomentosa*, du procédé biochimique à l'invertine, confirment les données déjà acquises sur l'évolution des glucides, d'une part, chez les plantes annuelles et,

d'autre part, chez les plantes vivaces. J'ai pu extraire le saccharose, à l'état cristallisé, des organes de ces deux espèces.

En suivant les migrations des glucides chez le *Mercurialis perennis*, j'ai constaté que ces principes subissent des variations importantes, au cours de la végétation annuelle.

J'ai pu isoler le saccharose des différentes parties de la plante, et extraire le maltose de ses organes de réserve. Ce dernier sucre, — qui existe constamment dans les rhizomes et les racines où il subit des variations comparables à celles de l'amidon et du saccharose, — semble constituer une substance de réserve, au même titre que ces deux autres polysaccharides.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE	7
INTRODUCTION	9
TABLE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS.....	11

PREMIÈRE PARTIE

Contribution à l'étude chimique des graines

MÉTHODES ANALYTIQUES.....	26
CHAPITRE PREMIER. — <i>Mercurialis annua</i>	43
Caractères extérieurs et composition chimique de la graine	43
L'huile de Mercuriale annuelle.....	44
Variation des constantes.....	46
Résultats comparatifs fournis par les différentes huiles de Mercuriale annuelle.....	51
CHAPITRE II. — <i>Mercurialis perennis</i>	55
Caractères extérieurs et composition chimique de la graine	55
L'huile de Mercuriale vivace.....	55
Résultats comparatifs fournis par les différentes huiles de Mercuriale vivace.....	57
CHAPITRE III. — <i>Mercurialis tomentosa</i>	60
Caractères extérieurs et composition chimique de la graine	60

	Pages
L'huile de Mercuriale tomentéuse.....	60
Propriétés et usages des huiles de Mercuriales.....	63
Conclusions de la première partie.....	67

DEUXIÈME PARTIE

Observations biologiques

CHAPITRE PREMIER. — <i>Mercurialis annua</i>	73
§ I. Germination	73
§ II. Remarques sur le déterminisme sexuel.....	87
§ III. Observations sur le polymorphisme floral.....	91
CHAPITRE II. — <i>Mercurialis perennis</i>	99
§ I. Germination et premier développement.....	99
§ II. Développement de la plante.....	104
CHAPITRE III. — <i>Mercurialis tomentosa</i>	120
§ I. Conditions de la germination.....	120
§ II. Développement de la plante.....	122
Conclusions de la deuxième partie.....	125

TROISIÈME PARTIE

Recherches biochimiques

TECHNIQUE	134
CHAPITRE PREMIER. — <i>Mercurialis annua</i>	137
Essais biochimiques.....	137
CHAPITRE II. — <i>Mercurialis perennis</i>	141
Recherches préliminaires.....	141
Variations et migrations des glucides au cours de la végétation annuelle.....	142

	Pages
Identification des glucides.....	155
Conclusions relatives aux variations des glucides dans la Mercuriale vivace.....	168
CHAPITRE III. — <i>Mercurialis tomentosa</i>	171
Essais biochimiques.....	171
Recherche des diastases dans les trois espèces de Mercuriales	173
Conclusions de la troisième partie.....	177
RÉSUMÉ GÉNÉRAL.....	181

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

GÉOLOGIE. — Le glacière des Alpes et de l'Europe septentrionale.

BOTANIQUE. — Rôle physiologique des acides organiques.

Vu et approuvé :

Paris, le 17 décembre 1924.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

M. MOLLIARD.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

Pour le Recteur :

l'Inspecteur d'Académie,

B. MAURELLET.

